



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL**

**SEVERINA CECI DE ANDRADE MOURA**

**PARADIGMA CIRCULAR EM ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO:  
Análise do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de  
Pernambuco**

**Recife, 2025**

**SEVERINA CECI DE ANDRADE MOURA**

**PARADIGMA CIRCULAR EM ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO:  
Análise do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de  
Pernambuco**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Profa. Dra. Rejane de Moraes Rego  
Orientadora

Profa. Dra. Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues  
Co-Orientadora

**Recife, 2025**

M929p

Moura, Severina Ceci de Andrade.

Paradigma circular em arquitetura, engenharia e construção: análise do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco. / Severina Ceci de Andrade Moura. – Recife, PE: A autora, 2025.  
152 f.; il.; 30 cm.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rejane de Moraes Rego.

Coorientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2025.

Inclui referências e Apêndices.

1. Arquitetura sustentável. 2. Economia circular. 3. Construção civil - sustentabilidade. 4. Edificações escolares públicas. I. Rego, Rejane de Moares. (Orientadora). II. Rodrigues, Sofia Suely Ferreira Brandão. (Coorientadora). III. Título.

720.47

CDD (22 Ed.)

**SEVERINA CECI DE ANDRADE MOURA**

**PARADIGMA CIRCULAR EM ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO:  
Análise do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de  
Pernambuco**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: 28 / 03 / 2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Rejane de Moraes Rego  
Orientadora – MPGA/IFPE

---

Profa. Dra. Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues  
Co-Orientadora – MPGA/IFPE

---

Prof. Dr. Hernande Pereira  
Examinador Interno – MPGA/IFPE

---

Profa. Dra. Mônica M. Souto Maior  
Examinadora Externa – IFPB

## **APRESENTAÇÃO DA AUTORA**

Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pernambuco (1989). Possui Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Depto. de Engenharia Mecânica/UFPE (2001) e Especialização em Design para a Mobilidade Urbana na Faculdade Unyleya (2022).

Atua como Analista de Obras - Arquiteta no Governo do Estado de Pernambuco, lotada na Secretaria de Educação e Esporte (SEE/PE) desde 2017.

Dedico esta dissertação ao meu marido e filho,  
que me inspiram a persistir.

Aos meus professores, pela orientação e  
sabedoria.

E aos amigos, pelo apoio incondicional.

## AGRADECIMENTOS

Ao concluir esta dissertação, gostaria de expressar minha gratidão a todos que contribuíram para sua realização.

À minha família, especialmente meu esposo e filho, pelo apoio incondicional e por me incentivarem a perseverar.

Aos amigos que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo encorajamento e apoio em cada passo.

Agradeço também aos meus colegas de trabalho, que compartilharam conhecimentos e experiências na área de engenharia da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco.

Sou grata ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, pela oportunidade de realizar o Mestrado.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental - PMGA, pelo companheirismo e pelas valiosas informações técnicas que enriqueceram minha formação.

Um agradecimento especial à Professora Rejane Rego, pela orientação e apoio fundamentais que possibilitaram a conclusão deste trabalho.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

“A natureza é a melhor designer. Precisamos aprender com ela para criar um futuro melhor.”

**William McDonough**

## RESUMO

A arquitetura, engenharia e construção desempenham papel crucial na busca por soluções sustentáveis e resilientes para os desafios urbanos e ambientais atuais. Nesse contexto, o paradigma circular surge como uma abordagem inovadora que visa transformar a concepção, construção e operação dos ambientes construídos. A pesquisa intitulada "Paradigma circular em arquitetura, engenharia e construção: Análise do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco" analisou a aplicação desses princípios no modelo de projeto vertical adotado pela Secretaria. O problema central da pesquisa consistiu em identificar quais modificações nas definições de projeto poderiam ser implementadas para inserir os conceitos do paradigma circular nesse modelo. A relevância do estudo está na necessidade de incorporar o conhecimento do paradigma circular ao design arquitetônico das escolas estaduais, contribuindo para melhorias nos projetos existentes e influenciando positivamente na gestão do orçamento público. A pesquisa adotou caráter exploratório, focada no Modelo Vertical de Projeto Escolar (MVPE), criado em 2009 e utilizado desde 2014. Realizaram-se revisão bibliográfica, pesquisa documental e análise do MVPE por meio da ferramenta *Circular Building Toolkit*, para avaliar sua inserção no paradigma circular. Os resultados revelaram que o MVPE não incorpora princípios de circularidade, baseando-se em critérios convencionais. Destaca-se a necessidade de adotar fundamentos de circularidade para maximizar a reutilização de recursos, minimizar impactos ambientais e prolongar a vida útil das construções. A implementação desses princípios promove ambientes de ensino alinhados com valores sustentáveis, contribuindo para a redução do impacto ambiental e a conscientização ecológica. A principal contribuição do estudo é a proposição de ajustes no MVPE para incorporar práticas de circularidade, garantindo maior eficiência, adaptabilidade e sustentabilidade ao ciclo de vida das escolas públicas estaduais, reduzindo impactos ambientais e otimizando recursos públicos.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Modelos de design; Circularidade; Adaptabilidade.

## ABSTRACT

Architecture, engineering and construction play a crucial role in the search for sustainable and resilient solutions to today's urban and environmental challenges. In this context, the circular paradigm emerges as an innovative approach that aims to transform the design, construction and operation of built environments. The research entitled "Circular paradigm in architecture, engineering and construction: Analysis of the vertical model of school design of the Secretariat of Education and Sports of Pernambuco" analyzed the application of these principles in the vertical design model adopted by the Secretariat. The central problem of the research consisted of identifying which modifications in the project definitions could be implemented to insert the concepts of the circular paradigm into this model. The relevance of the study lies in the need to incorporate knowledge of the circular paradigm into the architectural design of state schools, contributing to improvements in existing projects and positively influencing the management of the public budget. The research adopted an exploratory nature, focused on the Vertical School Project Model (MVPE), created in 2009 and used since 2014. A bibliographic review, documentary research and analysis of the MVPE were carried out using the Circular Building Toolkit, to assess its insertion in the circular paradigm. The results revealed that the MVPE does not incorporate circularity principles, relying on conventional criteria. The need to adopt circularity principles to maximize the reuse of resources, minimize environmental impacts and extend the useful life of buildings is highlighted. The implementation of these principles promotes teaching environments aligned with sustainable values, contributing to the reduction of environmental impact and ecological awareness. The main contribution of the study is the proposal of adjustments to the MVPE to incorporate circularity practices, ensuring greater efficiency, adaptability and sustainability to the life cycle of state public schools, reducing environmental impacts and optimizing public resources.

**Keywords:** Sustainability; Design models; Circularity; Adaptability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo da Economia Linear .....	22
Figura 2 - Ciclo Economia Circular .....	23
Figura 3 - Ciclo Biológico e Ciclo Técnico.....	24
Figura 4 - Diagrama Sistêmico da Economia Circular.....	27
Figura 5 - Design para a longevidade.....	30
Figura 6 - Design para serviço.....	31
Figura 7 - Design para remanufatura.....	32
Figura 8 - Design para recuperação .....	33
Figura 9 - Modelos de Design na Economia Circular .....	34
Figura 10 - The Bartlett School of Architecture (UCL). .....	39
Figura 11 - Bima Microlibrary .....	41
Figura 12 - Headquarters of Doctors Without Borders in Barcelona .....	42
Figura 13 - Escolas da rede pública de ensino de Pernambuco-2020 a 2023.....	43
Figura 14 - Gerências Regionais de Educação e Regiões de Desenvolvimento (GRES) .....	43
Figura 15 - Rede de ensino de Pernambuco em 2023 .....	44
Figura 16 - Escolas de Referência em Pernambuco em 2023 .....	44
Figura 17 - Organograma Secretaria Executiva de Obras – SEE-PE .....	46
Figura 18 - Modelo 3D do projeto horizontal .....	48
Figura 19 - Modelo 3D do projeto horizontal de pavimento térreo e pavimento superior.....	48
Figura 20 - Modelo 3D do projeto vertical (MVPE).....	49
Figura 21 - Framework Circular Buildings Toolkit.....	51
Figura 22 - Estrutura Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares .....	52
Figura 23 - Fluxograma dissertação .....	52
Figura 24 - Modelo vertical (MVPE) com 12 salas - plantas baixas.....	54
Figura 25 - Foto da Escola Fraternidade – (MVPE) com 9 salas .....	55
Figura 26 - Foto da Escola Lagoa de Itaenga – MVPE com 12 salas .....	55
Figura 27 - Fotos da Escola Lagoa de Itaenga – MVPE com módulo anexo.....	56
Figura 28 - Modelo do quadro adotado para análise do MVPE por meio do CBT .....	57
Figura 29 - Escola na Nigéria com design passivo de condicionamento.....	97
Figura 30 - Colégio Fazer Crescer, Recife com captação de energia solar.....	97
Figura 31 - Colégio Fazer Crescer, Recife, com layout de sala aula multiuso.....	98
Figura 32 - Infraestrutura flexível- estrutura coberta metálica.....	98
Figura 33 - Instalações prediais aparente.....	98
Figura 34 - Componentes pré-fabricados e desmontáveis.....	98
Figura 35 - Piso intertravado ecológico.....	99
Figura 36 - Fachada com material reciclado.....	99
Figura 37- Os equipamentos para instalação.....	101
Figura 38 - Primeiro ano da fatura de energia.....	102

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Climatização do modelo vertical de projeto com aquisição de equipamentos.....	100
Tabela 2 - Climatização do modelo vertical de projeto para locação de Produto-como-Serviço.....	100
Tabela 3 - Comparação entre a aquisição e locação da Climatização do modelo vertical de projeto.....	100
Tabela 4 - Análise financeira com e sem sistema fotovoltaico no modelo de projeto vertical.....	102
Tabela 5 - Indicadores de viabilidade.....	102

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ACV - Análise do Ciclo de Vida  
AECO - Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação  
BIM - *Building Information Modeling*  
BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment*  
CAD - *Computer Aided Design*  
CART\_ESP\_INFRA - Cartilha de Especificações Infraestrutura Escolas  
CART\_ESP\_TEC - Cartilha de Especificação Técnica  
CBT - *Circular Building Toolkit*  
C2C - *Cradle to Cradle*  
DOC\_OFIC - Documentos Oficiais  
EC - Economia Circular  
EPS - *Expanded Polystyrene*  
EREF - Escolas de Referência em Ensino Fundamental  
EREFEM - Escolas de Referência em Ensino Fundamental e Médio  
EREM - Escolas de Referência em Ensino Médio  
ETE - Escolas Técnicas Estaduais  
FEM - Fundação Ellen MacArthur  
FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação  
GAPE - Gerência de Apoio aos Projetos Executivos  
GEMR - Gerência de Manutenção da Rede Escolar  
GEO - Gerência Executiva de Contratos  
GRE - Gerência Regional de Educação  
INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais  
LaaS - *Logistics as a Infrastructure as a Service*  
LBC - *Living Building Challenge*  
MDF - *Medium Density Fiberboard*  
MEP - *Mechanical, electrical and plumbing*  
LED - *Light Emitting Diode*  
MVPE - Modelo Vertical de Projeto Escolar  
NBR - Norma Brasileira  
PAD\_CONST\_ACAB\_GER - Padrões Mínimos de Arquitetura e Construção para Implantação das Escolas Estaduais  
PCD - Pessoas com Deficiência  
PEI - Programa de Ensino Integral  
PROJ\_ARQUIT - Projeto Arquitetônico  
PROJ\_CABEAM - Projetos Cabeamento Estruturado  
PROJ\_CLIMAT - Projeto de Climatização  
PROJ\_DREN - Projeto de Drenagem  
PROJ\_GLP - Projeto de Central GLP  
PROJ\_HIDRO - Projeto Hidrossanitário  
PRO\_ELET - Projeto de Instalações Elétricas  
PROJ\_ESTRUT - Projeto de Estrutura  
PROJ\_PCI - Projeto de Combate a Incêndio  
PROJA\_SPDA - Projeto de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas  
PROJ\_TERRAP - Projeto Terraplenagem  
SEE-PE - Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco  
SEI-PE - Sistema Eletrônico de Informações de Pernambuco  
SEOB - Secretaria Executiva de Obras  
SUOBR - Superintendência de Obras  
UCL - *University College London*  
UFPE - Universidade Federal de Pernambuco  
VIS\_TÉC - Visita técnica

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1	OBJETIVOS.....	19
1.1.1	Objetivo geral.....	19
1.1.2	Objetivos específicos.....	20
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	20
2	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	22
2.1	ECONOMIA CIRCULAR: contexto e fundamentos.....	22
2.2	O PAPEL DO DESIGN NO PARADIGMA CIRCULAR.....	28
2.3	DESIGN CIRCULAR DE EDIFÍCIOS.....	34
2.3.1	<b>O Processo projetual e suas ferramentas</b> .....	34
2.3.2	<i>Circular Building Toolkit</i> .....	36
2.3.3	<b>Exemplos de edifícios circulares</b> .....	38
2.4	A SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTES / PE.....	42
2.5	MODELOS DE PROJETO DE EDIFÍCIOS ESCOLARES DA SEE-PE: histórico e características.....	47
3	<b>METODOLOGIA</b> .....	50
3.1	ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	50
3.2	COLETA DE DADOS.....	50
3.3	ANÁLISE DO MODELO VERTICAL DE PROJETO ESCOLAR.....	49
3.4	ANÁLISE DE DADOS.....	49
4	<b>RESULTADOS</b> .....	53
4.1	O MODELO VERTICAL DE PROJETO ESCOLAR – MVPE.....	53
4.2	ANÁLISES DO MVPE POR MEIO DA <i>CIRCULAR BUILDING TOOLKIT</i> .....	57
4.3	DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	83
4.4	PROPOSTA DE ALTERAÇÕES NO MVPE PARA MAIOR INSERÇÃO NO PARADIGMA CIRCULAR.....	93
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	104
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	108
	<b>APÊNDICE A</b> – Quadro para avaliação do projeto de edificação escolar vertical.....	112
	<b>APÊNDICE B</b> – Propostas para melhoria do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação de Pernambuco pela implantação de princípios do paradigma circular.....	123
	<b>ANEXO A</b> – Versão em tradução livre da <i>Circular Building Toolkit</i> .....	135

## 1 INTRODUÇÃO

Projetar é um ato complexo, exige intervenções que mudem o sistema vigente visando a um futuro próspero. Os sistemas econômicos e climáticos que estamos planejando são iminentes e evoluem constantemente. O período atual é de mudanças e conflitos. O paradigma econômico vigente desde a primeira Revolução Industrial (economia linear) vem sofrendo questionamentos e há sinais concretos de transformação para um novo paradigma, denominado "circular". Uma transição para um futuro sustentável, equitativo e desejável.

Colocar em prática esse novo fundamento requer quebras de paradigmas e uma nova mentalidade. Porém, ao denominá-la de “economia circular” remete-se apenas a uma abordagem, e essa nova forma de pensar e agir vai muito além da economia, ela atua também no social e no ambiental. Dessa maneira, essa pesquisa optou por nomear de **paradigma circular** a transformação do modo de produzir e consumir que está em curso.

Essa abordagem pode ser adotada pelos arquitetos (designers de arquitetura) com estratégias de design para a sustentabilidade, ao repensar como se projeta o edifício sustentável, usando novas tecnologias e modelos de negócios inovadores para preservar recursos naturais e materiais de construção que não se transformem em resíduos. Dessa forma, projetar com fundamentos do paradigma circular é buscar alternativas positivas de longa duração, e precisa começar rapidamente.

Por trabalhar como arquiteta na Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco (SEE-PE), a pesquisadora tem lidado e participado da construção de edificações escolares, as quais, em maioria, são construídas a partir de modelos de projetos pré-estabelecidos. Há modelos elaborados pela própria Secretaria e há os modelos implantados oriundos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

Em 2023, o estado de Pernambuco contava com um total de 1.057 escolas estaduais, que são classificadas por níveis de ensino, denominadas:

- Escolas Regulares;
- Escolas de Referência em Ensino Fundamental (EREF);
- Escolas de Referência em Ensino Fundamental e Médio (EREFEM);
- Escolas de Referência em Ensino Médio (EREM);
- Escolas Técnicas Estaduais (ETE);
- Escolas indígenas;
- Escolas Quilombolas e
- Unidades Prisionais.

A distribuição da classificação das escolas compreendia: 578 Escolas de Referência (EREF, EREM e EREFEM), 246 Escolas Regulares, 58 ETEs, 436 EREF e 156 escolas indígenas, 2 Escolas Quilombolas e 17 Unidades Prisionais. Nos últimos anos, os modelos do FNDE têm sido aplicados, geralmente, nas ETEs e escolas indígenas e os modelos da Secretaria são, na maior parte, utilizados nas demais classificações. A Gerência de Apoio aos Projetos Executivos (GAPE) da Secretaria da Educação recebeu, em 2022, a seguinte demanda para realização de projetos: construções novas de 21 escolas; reformas/ampliações para 33 escolas.

Existem vários modelos de projetos desenvolvidos pela SEE-PE para a construção de escolas estaduais, mas, atualmente, destacam-se três modelos que atendem às classificações, à quantidade de salas e à área do terreno. São eles:

- Modelo horizontal de pavimento térreo, com vários módulos paralelos;
- Modelo horizontal de pavimento térreo e primeiro pavimento, com dois módulos; e
- Modelo vertical com piso térreo e mais dois pavimentos, com dois módulos.

Os modelos de projeto de edificações escolares adotados pela SEE-PE são escolhidos para a construção a partir de demandas da Secretaria, que estabelecem o número de alunos que a escola terá, a modalidade de ensino e o tipo de terreno disponibilizado. São comuns as adaptações do modelo, especialmente devido às características do terreno. Nos modelos de projeto desenvolvidos pela Secretaria não há previsão de infraestrutura e/ou processos para a sustentabilidade, seja da edificação seja do seu uso, como o emprego de energia renovável (painéis solares), reuso de água e gestão de resíduos sólidos.

O programa arquitetônico das escolas estaduais, elaborado pela SEE-PE, é definido de acordo com suas respectivas classificações. A Escola de Referência em Ensino Fundamental (EREF) possui um programa que inclui áreas administrativas, biblioteca, salas de aula, cozinha, banheiros, serviços, recreio coberto e/ou refeitório. No entanto, a inclusão de laboratórios e auditórios é opcional. Por outro lado, a Escola de Referência em Ensino Fundamental e Médio (EREFEM) e a Escola de Referência em Ensino Médio (EREM) seguem o mesmo programa da EREF, mas devem adicionalmente conter, pelo menos, um auditório e três laboratórios.

A dimensão da escola é impactada pela quantidade de alunos, podendo ser projetada a partir de 6, 9 e 12 salas de aulas de acordo com a demanda de alunos estipulada pela SEE-PE. A Secretaria estima que cada sala de aula tem uma capacidade para 40 alunos e uma área de

49m<sup>2</sup>. Isso resulta em escolas com capacidade mínima de 240 alunos, podendo atingir, no máximo, 480 alunos por turno.

As Escolas Técnicas Estaduais (ETEs), provenientes do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), possuem um programa arquitetônico mais amplo e módulos separados por funcionalidades. No entanto, essas escolas não foram incluídas nessa pesquisa.

Os três modelos pré-estabelecidos de edificação escolares atualmente utilizados pela Secretaria têm as seguintes características gerais:

1. **Modelo horizontal de pavimento térreo, com vários módulos paralelos distribuídos por funcionalidade:** este modelo é geralmente implantado em terrenos grandes, com aproximadamente 1 hectare, e uma área construída do edifício escolar de 2.220,00m<sup>2</sup>.
2. **Modelo horizontal com pavimento térreo e primeiro andar:** embora seja considerado horizontal, possui dois módulos que condensam todas as funcionalidades, distribuídas por fluxo. Este modelo também é implantado em terrenos grandes, com aproximadamente 1 hectare, e uma área construída do edifício escolar de 3.070,00m<sup>2</sup>.
3. **Modelo vertical, com piso térreo e mais dois pavimentos:** este modelo também possui dois módulos, mas as funcionalidades são distribuídas por pavimentos. É mais comum ser adotado em terrenos compactos e de formatos irregulares, com aproximadamente 4.000,00m<sup>2</sup>, e uma área construída do edifício escolar de 2.600,00m<sup>2</sup>. Desse modo é o modelo mais aplicado devido à maior disponibilidade de terrenos com menores áreas.

É importante ressaltar que na elaboração de projetos de construções escolares da Secretaria leva-se em consideração sua classificação, quantidade de salas, área do terreno e também a topografia, a ventilação, a insolação, sistema de incêndio, acessibilidade e climatização. Contudo, esses projetos ainda não foram atualizados para incluir princípios de construção sustentável (edifícios com eficiência energética, o uso de materiais renováveis e de pouco impacto ambiental, além de preverem a desmontagem e reutilização futura dos elementos construtivos).

O projeto das escolas inclui várias edificações no terreno, como quadra coberta, edifício escolar e áreas de convivência (quiosques, bancos, pátios descobertos, entre outros). A pesquisa se concentrou no prédio escolar, que é o elemento principal e mais relevante para a temática de investigação.

Considerando a necessidade de manutenção e adaptação contínuas exigidas por edificações escolares, para que atendam satisfatoriamente

- (a) a sua função e respondam à dinâmica das mudanças nas práticas de ensino,
- (b) ao número de estudantes,
- (c) ao atendimento dos princípios do conforto ambiental,

além de ser parte constituinte do ambiente urbano e que, principalmente, demanda emprego racional e eficiente de recursos públicos, **pesquisou-se sobre a inserção do design de edificação escolar no contexto do paradigma circular, enfocando especificamente o modelo de projeto vertical desenvolvido e adotado pela SEE-PE.** A análise e avaliação desse modelo de projeto de edificação escolar sob a ótica dos fundamentos do paradigma circular e do design para circularidade têm o potencial de contribuir para a melhoria do modelo de projeto com consequentes repercussões positivas econômicas, ambientais e sociais.

Baseado nesse cenário, a pesquisa partiu das seguintes perguntas:

1. Como os fundamentos da circularidade devem/podem ser incorporados no design de edifícios?
2. Quais definições de projeto são essenciais para que a construção de edificações incorpore os fundamentos do paradigma circular?
3. Quais os modelos de design para a circularidade podem ser adotados nos modelos de projeto de edificações escolares da SEE-PE?
4. Quais as principais mudanças nos modelos de projeto da SEE-PE podem ser incorporadas com intuito de promover a transição para o paradigma circular?

Essas questões de partida embasaram a questão central da pesquisa: **quais as modificações nas definições de projeto podem ser adotadas para inserir o modelo de edificação escolar vertical da SEE-PE no contexto do paradigma circular e design para circularidade?**

Na atualidade ainda é comum que arquitetos considerem um modelo convencional na fase de desenvolvimento de um projeto, onde não há a preocupação necessária com a sustentabilidade: tipos de materiais, conforto do ambiente construído, eficiência energética, mantendo a lógica de produzir projetos de edificações baseados em extrair-produzir-descartar os recursos naturais. Essa prática repercute nos projetos de todas as áreas que compõem o projeto do edifício e na construção.

Contudo, hoje, o paradigma circular apresenta-se como essencial para qualquer atividade projetual, e o design arquitetônico (e todos os demais projetos que constituem efetivamente o design do edifício) deve adotá-lo como uma alternativa que procura redefinir e

repensar a maneira como se projeta o ambiente construído, buscando aumentar a eficiência do uso de recursos e diminuir a geração de resíduos e poluentes, tornando a cidade e as construções mais inclusivas, socialmente mais justas e sustentáveis. É na etapa de projeto onde se podem fazer as maiores modificações e alterações para alcançar uma solução eficaz e mais eficiente.

Dada a relevância dos impactos ambientais causados pela construção civil, tem-se a urgência em aplicar ações práticas na Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) alinhadas com a sustentabilidade e com o paradigma circular. Exige-se a releitura e atualização de metodologias, de técnicas, de instrumentos para projetar e produzir, observando critérios de sustentabilidade, especialmente as abordagens mais recentes baseadas no paradigma circular. O projeto é a etapa fundamental no processo como definidor dos recursos materiais e das possibilidades de gestão que serão adotadas ao longo de todo o ciclo de vida de um edifício (projeto, especificação de materiais, construção, uso e fim de vida). Seja de partes (mobiliário, vedação vertical, piso, cobertura) ou toda edificação.

Essa necessária mudança de visão no design de edifícios busca contribuir para eliminação do desperdício e da poluição no início da cadeia, aliada a investimentos e políticas para concretizar um futuro regenerativo e circular. Destaca-se a importância de mensurar os benefícios obtidos com a implementação dessas estratégias como, por exemplo, as emissões de CO<sub>2</sub> ou de resíduos que seriam destinados a aterros, evidenciando a dimensão dessas práticas aos clientes e todos os atores envolvidos no processo e cadeia da AECO.

Nesse panorama, a pesquisa tem o potencial de introduzir o conhecimento do paradigma circular e do design para circularidade na Secretaria Estadual de Educação e Esportes de Pernambuco contribuindo fundamentalmente para melhoria dos projetos de edificações escolares, contratados ou desenvolvidos internamente, mas, também, colaborando para implantação de modificações nas edificações existentes, com consequentes desdobramentos positivos na aplicação e gestão do orçamento público.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

A pesquisa teve por objetivo geral analisar os fundamentos do paradigma circular aplicados ao design de edifícios no modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Conhecer experiências e práticas de design de edifícios pautados no paradigma circular;
- Analisar e avaliar quais fundamentos da circularidade são prioritários para o design de edifícios;
- Avaliar a aplicabilidade de modelos de design para a circularidade em modelos de projeto de edificações escolares da SEE-PE com vista à inserção no paradigma circular;
- Propor incorporação dos fundamentos do paradigma circular e dos modelos de projeto para sustentabilidade no projeto de edifício escolar analisado.

## 1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho está estruturado em cinco partes, incluindo a **Introdução** e as **Considerações Finais**.

A segunda parte traz a **Revisão Bibliográfica** explorando as duas temáticas fundamentadoras da pesquisa: Economia Circular e Design Circular de Edifícios. Aborda a transição da economia linear para a economia circular. Trata o papel do design nesse paradigma circular, sua abordagem no campo da circularidade e sua importância nos modelos de design como ações centrais para o processo de transição econômica, com enfoque no desenho de produtos e sistemas para uma economia circular. Também são apresentados exemplos de edifícios como casos de sucesso na aplicação do paradigma circular, demonstrando como é possível revitalizar edifícios existentes de maneira sustentável, combinando eficiência energética e redução de emissões de carbono com a criação de um ambiente moderno, interativo e colaborativo. Por fim, apresenta a estrutura da Secretaria de Educação e Esportes - PE, seguida pela exposição das definições dos modelos de projeto de edifícios escolares adotados.

A terceira parte – **Metodologia** – discorre sobre os procedimentos de pesquisa adotados, descrevendo-se as etapas e os instrumentos utilizados, com destaque para a adoção dos critérios estabelecidos no *Circular Building Toolkit* (Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares) no Modelo Vertical de Projeto Escolar (MVPE).

A quarta parte apresenta os **Resultados e Discussões** da pesquisa. Inicia-se com as definições das características do modelo vertical de projeto escolar (MVPE). Em seguida, descreve-se a avaliação e análise do modelo vertical de projeto escolar por meio da *Circular*

*Building Toolkit*, culminando na proposta de alterações no MVPE para maior inserção no paradigma circular.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ECONOMIA CIRCULAR: contexto e fundamentos

Ainda que a primeira Revolução Industrial (1760 - 1850) seja frequentemente mencionada como surgimento do sistema econômico atual, é relevante atentar que esse vem de bastante tempo, como por exemplo, o sistema colonialista, implantado a partir da “descoberta” das Américas pelos povos europeus. Esse acontecimento pode ser apontado como um grande marco de globalização econômica e ambiental a partir de um modelo basicamente linear de exploração (Tennenbaum, 2020).

Todavia, foi no século XVIII que esse sistema econômico se consolidou embasado na lógica “pegue-faça-use-descarte”, proporcionando altos lucros às empresas, uma geração de valor impulsionada pelo desperdício, de retirada de materiais finitos e de um excesso de resíduos. Desde então, desenvolveu-se um modelo de produção que cria produtos com tempo de vida útil reduzido, com o objetivo de torná-los obsoletos rapidamente. Esse processo de fabricação resultou na rápida substituição dos itens, incentivando o consumo acelerado e dinamizando o mercado (Borschiver; Tavares, 2022).

Esse modelo de produção e consumo é apoiado na exploração de recursos naturais e leva à deterioração do meio ambiente (Figura 1). Considerado um sistema de mão única, foi denominada **economia linear**, termo intencionalmente criado para promover um novo método que nascia com efeito adverso. Assim surgia o termo **circular** para uma nova economia que não fosse negativa ao meio ambiente e que restaurasse os danos provocados aos recursos e garantisse poucos resíduos gerados no processo de produção e no ciclo de vida do produto (Silva, 2021).

Figura 1 - Ciclo da Economia Linear



Fonte: Ideia Circular (2022)

O surgimento da concepção de economia de ciclo fechado apareceu pela primeira vez no trabalho de Boulding (1966), e posteriormente foi desenvolvida por Stahel e Reday-Mulvey (1976). Este conceito tornou-se corrente na política industrial alemã e japonesa entre as décadas de 1980 e 1990, estimulando a adesão de princípios circulares, que foram mais desenvolvidos por ecologistas industriais.

A partir de então se observa o esforço para a transição a uma nova economia, a **economia circular**, na qual os produtos não devem ser descartados, buscando-se manter o seu valor econômico e ambiental, sendo (re)incorporados, retidos e (re)valorados, durante o maior prazo viável em um sistema de ciclo fechado (Figura 2). Podendo ser conquistado através da reutilização, da reparação e da re-fabricação de produtos, ou reciclagem (Fontgalland, 2022).

Figura 2 - Ciclo Economia Circular



Fonte: Ideia Circular (2023)

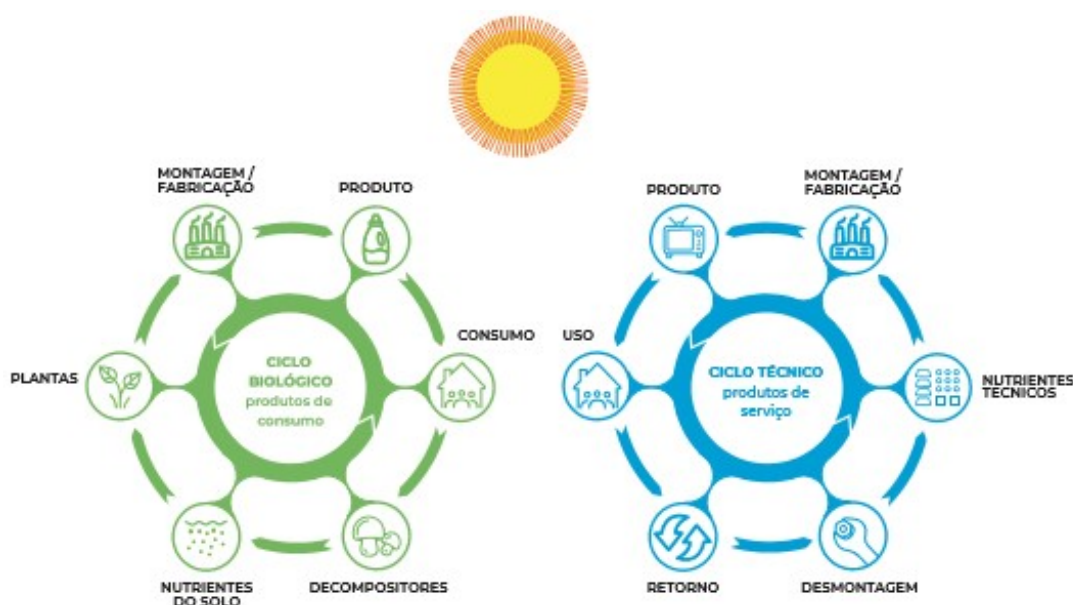
Segundo Pereira (2020), muitos conceitos e práticas da economia circular, têm sido aperfeiçoados e desenvolvidos por cadeias de pensamentos diversas, como:

- **Design Regenerativo:** a abordagem de design criada pelo arquiteto John Lyle é baseada na teoria de sistemas e orientada por processos, sendo conhecida como "regenerativa". Essa abordagem tem como objetivo criar sistemas sustentáveis que integram as necessidades da sociedade com a integridade da natureza, restaurando, renovando ou revitalizando suas próprias fontes de energia e materiais. Os sistemas projetados de forma regenerativa são holísticos e buscam eliminar completamente os resíduos. Essa escola de pensamento foi fundamental para o desenvolvimento da ideia da Economia Circular.
- **Economia de Performance:** criada pelo arquiteto Walter Stahel, tem por objetivo econômico maximizar o valor de uso por um longo período de tempo, reduzindo o consumo de materiais e energia. Isso torna a Economia de Performance mais sustentável do que a economia industrial atual, que se concentra na produção e no uso

de materiais. Stahel é conhecido por cunhar o termo "*Cradle to Cradle*" (Do Berço ao Berço) e por seu trabalho no desenvolvimento de uma abordagem de "ciclo fechado" para processos de produção. Ele fundou o *Product Life Institute* em Genebra há mais de 25 anos.

- ***Cradle do cradle (do berço ao berço)***: o conceito *Cradle to Cradle* (C2C), desenvolvido pelo químico alemão Michael Braungart e o arquiteto americano Bill McDonough, considera todos os materiais envolvidos nos processos industriais e comerciais como nutrientes, divididos em categorias técnicas e biológicas (McDonough; Braungart, 2013) (Figura 3). A estrutura C2C visa o design de produtos com impactos positivos e redução de impactos negativos, buscando a efetividade em termos de sustentabilidade.

Figura 3 - Ciclo Biológico e Ciclo Técnico



Fonte: Ideia Circular (2022)

O Passaporte de Materiais C2C é uma ferramenta fundamental para a implementação dessa filosofia, fornecendo informações detalhadas sobre a composição química dos materiais utilizados em um produto, permitindo seu rastreamento e reutilização de forma segura e eficiente (*Cradle to Cradle Products Innovation Institute*, 2021). Dessa maneira, o Passaporte de Materiais C2C contribui para a redução de resíduos e a preservação dos recursos naturais, alinhando-se com os princípios da economia circular (Braungart; McDonough, 2013).

A abordagem C2C evoluiu para um programa de certificação que visa promover a sustentabilidade de produtos, avaliando-os com base em cinco categorias fundamentais (*Intergovernmental Panel On Climate Change*, 2021). A primeira categoria analisa a segurança e a positividade dos materiais, garantindo que sejam saudáveis para as pessoas e o meio ambiente. A segunda categoria avalia a capacidade de reutilização e reciclagem dos materiais, incentivando o design de ciclos de vida circulares. A terceira categoria verifica o uso de energias renováveis e a gestão de emissões de carbono. A quarta categoria analisa a eficiência no uso da água e seu tratamento. A quinta categoria avalia as práticas trabalhistas e o impacto social positivo (*United Nations*, 2015).

- **Ecologia industrial:** a ecologia industrial é um campo de estudo que analisa os fluxos de materiais e energia nos sistemas industriais. Essa abordagem se concentra nas conexões entre os diferentes atores dentro do "ecossistema industrial" e tem como objetivo criar processos de ciclo fechado, onde os resíduos são utilizados como insumos, eliminando a ideia de subprodutos indesejáveis. A ecologia industrial adota uma perspectiva sistêmica, projetando processos de produção de acordo com as restrições ecológicas locais, levando em consideração seu impacto global desde o início. O objetivo é moldar esses processos para que funcionem de maneira semelhante aos sistemas vivos.
- **Biomimética:** no livro "Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza" (2007), Janine Benyus apresenta abordagem que estuda as melhores ideias da natureza e as imita para solucionar problemas humanos como uma nova disciplina, chamada de "inovação inspirada pela natureza", com objetivo de criar soluções sustentáveis que sejam eficientes e eficazes, como os sistemas naturais que inspiram essas ideias. Por exemplo, estudar uma folha para desenvolver uma célula solar mais eficiente. A biomimética se baseia em três princípios fundamentais: natureza como modelo, natureza como medida e natureza como mentora. O primeiro princípio envolve estudar e imitar os modelos encontrados na natureza para solucionar problemas humanos. O segundo princípio utiliza padrões ecológicos para avaliar a sustentabilidade de nossas inovações. Por fim, o terceiro princípio valoriza a natureza como fonte de aprendizado e inspiração, buscando desenvolver soluções mais eficientes e sustentáveis.
- **Blue Economy:** iniciada pelo empresário belga Gunter Pauli, propõe mudanças estruturais na economia baseadas no funcionamento dos ecossistemas, no uso inteligente dos recursos naturais e no aproveitamento racional e consciente desses

recursos. A *Blue Economy* se baseia no ciclo de vida dos ecossistemas, evitando o uso excessivo de recursos naturais, o que não aumentaria o preço dos produtos. A abordagem busca criar soluções sustentáveis que sejam economicamente viáveis e ambientalmente responsáveis.

A Fundação Ellen MacArthur – FEM (2022) pioneira na discussão sobre o esgotamento do modelo de produção e consumo vigente, tornou-se referência na temática, utilizando pesquisas originais para construir os princípios de um novo modelo – a economia circular (EC).

A FEM se apresenta como:

Somos uma instituição comprometida em criar uma economia circular, desenvolvida para eliminar resíduos e poluição, circular produtos e materiais (em seu valor mais alto) e regenerar a natureza. A economia circular é um sistema econômico que oferece melhores resultados para as pessoas e para o meio ambiente. (Fundação Ellen MacArthur, 2023)

Entendendo que a economia circular inibe a produção de resíduos desde o início, a FEM (2022) estabelece seus três princípios:

- 1. Eliminar os resíduos e a poluição**, buscando maximizar o uso dos recursos e evitar o descarte prematuro. O sistema linear atual, que segue o padrão extrair-produzir-desperdiçar, não é sustentável a longo prazo, uma vez que os recursos do planeta são finitos. A economia circular promove a reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais, garantindo que eles permaneçam em ciclos de uso contínuo. Essa abordagem é fundamental para garantir a sustentabilidade a longo prazo.
- 2. Manter a circulação de produtos e materiais** em seu valor mais elevado, seja como produtos em si ou como componentes ou matérias-primas para novos produtos. O objetivo é evitar a geração de resíduos e maximizar a vida útil dos recursos, retendo o valor intrínseco dos materiais por um período mais longo. A economia circular busca otimizar o ciclo de utilização dos materiais, reduzindo o desperdício e promovendo a reutilização e reciclagem.
- 3. Regenerar a natureza**, permitindo que ela prospere ao adotar uma abordagem circular que difere do modelo linear extrair – produzir – desperdiçar.

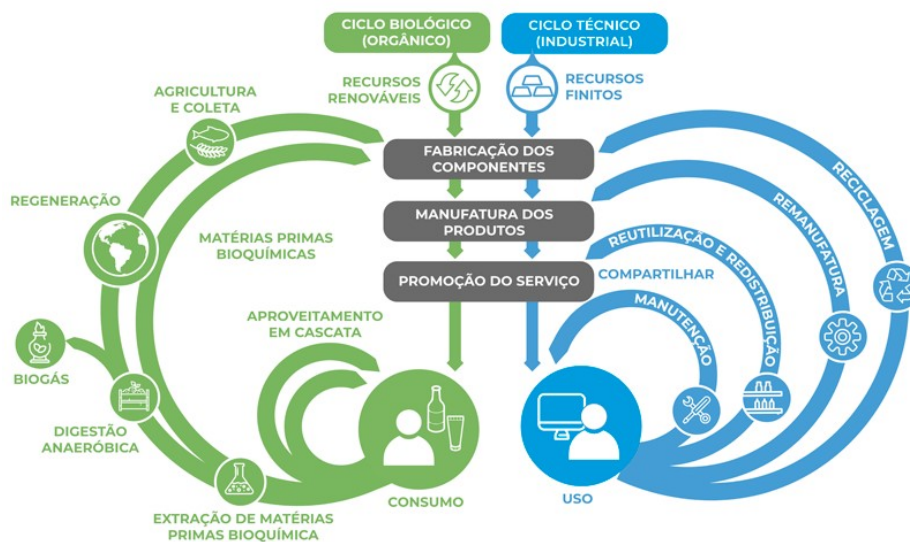
Embora os princípios da economia circular, segundo a FEM (2022), forneçam diretrizes para a ação, é importante destacar suas características fundamentais:

- **design sem resíduo**, que busca manter os materiais em ciclos de uso contínuo;
- **criação de resiliência por meio da diversidade**, priorizando a modularidade e adaptabilidade;
- **transição para o uso de energia renovável**;
- **pensamento sistêmico**, considerando as partes em relação ao contexto ambiental e social;
- **busca por cascatas**, que visam extrair valor adicional dos materiais biológicos por meio de aplicações sucessivas.

Vários fatores externos estão provocando celeridade de introdução da circularidade, desde o problema de aterrar o excesso de rejeito até as legislações nacionais ou cooperações internacionais, passando por uma nova conduta individual de preservar e ter bens por longo período, em vez de consumir regularmente (Leal *et al.*, 2020).

Nesse cenário, observa-se que a EC faz circular os descartes, os produtos e, também, circular os serviços (Figura 4).

Figura 4 - Diagrama Sistêmico da Economia Circular



Fonte: Ideia Circular (2023)

Mesmo com a consciência crescente da necessidade da EC, o modelo linear domina e ainda persistirá por muito tempo. Essa dependência pelo modelo econômico linear conduz a altos impactos para o planeta – desde a escassez de matérias primas até o desfecho da crise climática e seus desdobramentos (Leal *et al.*, 2020).

A economia circular é um dos modelos mais alternativos para alcançar um sistema mais sustentável, justo e adaptado ao cenário atual. Apresenta-se com o propósito de fechar ciclos na cadeia produtiva e inspirar-se no ecodesign e em processos biométricos, regenerativos e ecoeficientes para atingir modelos de crescimento sustentáveis e ecologicamente eficientes. Além de não se limitar a produtos, ela pode ser aplicada a modelos de negócios e finanças por meios de instituições, inteligências artificiais, tecnologias e muito mais (Brosse, 2021).

Sob essa ótica, Campino (2022) enfatiza que a economia circular é projetar para a natureza e está conectada ao pensamento sistêmico, promovendo soluções que respeitam os processos naturais como as tecnologias verdes. Essa abordagem impulsiona a inovação no design (eco-design), exige melhorias contínuas nos insumos e busca minimizar impactos ambientais.

Nessa pesquisa compreendeu-se que a humanidade está diante de uma mudança paradigmática do modelo produtivo e de consumo – identificado pelas expressões “economia linear” e “economia circular” – que implica em transformação do comportamento individual e do coletivo, nos âmbitos sociais, políticos e culturais. Portanto, adotou-se o termo paradigma circular por considerá-lo mais adequado conceitualmente às questões trabalhadas na investigação.

## 2.2 O PAPEL DO DESIGN NO PARADIGMA CIRCULAR

O termo design é de origem inglesa e possui diversas designações dependendo do uso de quem o aplica devido à sua amplitude de significado. Pode referir a um produto, um projeto, um processo ou um desenho. A sua definição consiste na realização de uma ideia em forma de projeto ou modelos, através da transformação de materiais, construção e configuração física, derivando em um produto suscetível de produção, pretendendo com isso a satisfação às exigências do ambiente humano. Contudo é um grande incentivador ao consumo, que se tornou imprescindível na atualidade oferecendo aos elementos características estéticas, culturais, sociais, funcionais, ecológicas, mercadológicas, tecnológicas, dentre outras (Pereira, 2020).

No período compreendido entre o final do século XVIII até o século XX vimos que designers respondiam às demandas de um processo de mudanças massiva, rápida e intensa. Naquela época o design atendia a uma prática de desenho industrial que estava associada à procura por eficiência na quantidade e velocidade da produção. No seu auge nas décadas de 1950 a 1960 veio a definição de obsolescência programada, como ideia de que todos os

produtos fossem produzidos para ter uma vida curta, tornando os produtos inúteis ou ineficientes rapidamente, fazendo com que os consumidores os substituíssem constantemente. Dessa maneira, a humanidade ficou submissa à cultura e à infraestrutura da industrialização linear. Foi a partir da década de 1960 que essas tendências começaram a reverter, os designers iniciavam uma nova concepção de eficiência que valorizasse ao máximo os recursos utilizados na indústria. Essa apreensão levou para um pensamento cada vez mais forte com a sustentabilidade e ecologia (Leal *et al.*, 2020).

Nessa situação, foram essenciais mudanças no modelo econômico e, inclusive, modificar a forma como os produtos eram fabricados, distribuídos e utilizados. Isso originou transformações na prática de design, que foram questionadas desde os anos 1970, fazendo surgir novas oportunidades e abordagens de atuação que se adequassem à área do design para a sustentabilidade. Os designers necessitavam desenvolver consciência sistêmica, que lhes permitissem considerar holisticamente o ciclo de vida do produto e seus impactos, contendo efeitos rebotes, quando a realização de parâmetros de atenuação de impactos em uma etapa do ciclo de vida produz mais impactos em outra etapa (Perez, 2020).

A visão circular está intrinsecamente ligada à inovação que une desempenho econômico e sustentabilidade. Isso significa que a inovação é sempre conectada ao pensamento sistêmico. A circularidade promove a inovação no design, implicando na necessidade de inovação contínua nos insumos utilizados. Nessa condição, Barros (2020) destaca que a adoção de novas tecnologias tem grande potencial para reduzir o impacto ambiental da construção, por exemplo, representando um avanço significativo para a arquitetura sustentável. Inovações nos materiais aumentam a eficiência, diminuem desperdícios e otimizam recursos, permitindo construções mais rápidas e precisas, além de edificações duráveis e com menor consumo de energia.

Segundo a Ideia Circular (2021), fundamentando-se nos princípios *Cradle to Cradle*, o design de produtos e processos para a circularidade é definido como a redução de “lixo”, aplicando o conceito de que os resíduos são transformados em novos processos. Nesse caso, os produtos e materiais podem ser recuperados, reutilizados, renovados ou reinseridos em novos ciclos de igual ou superior qualidade. O trajeto final de um material ou produto, portanto, não é mais um quesito de gestão de resíduos, mas segmento do processo de design de produtos e sistemas que foram idealizados com propósito ao emprego futuro. O design circular é projeto criativo e inovador que oferece soluções cíclicas e saudáveis em diversas categorias e campos de atividade. Essas alterações não são apenas imprescindíveis, mas

viáveis, e podem assumir diversos formatos de acordo com as condições e necessidades locais.

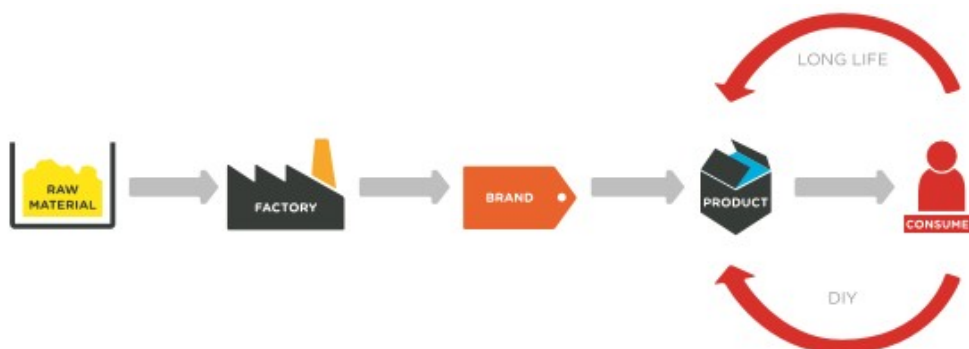
O design circular deve ser aplicado como um método prático de integrar os princípios da economia circular em todas as etapas do projeto. Sendo assim um conceito sistemático deve ser selecionado para debater os principais desafios do mundo atual, perda de biodiversidade e modificações climáticas que realçam nossa desinformação e requerem novos mecanismos de negócios menos exploradores (Fundação Ellen MacArthur, 2022).

Diante das implicações negativas do modelo linear, é crucial reavaliar os critérios que definem um bom projeto. O relatório *Investigating the Role of Design for the Circular Economy*, produzido pelo projeto britânico *The Great Recovery Project* (2013), identificou quatro modelos de design ao analisar, sob a perspectiva do design, os desafios do desperdício e as oportunidades da Economia Circular (Pereira, 2020). Esses modelos levam a ações complementares para o processo de transição econômica, com enfoque no desenho de produtos e sistemas para uma economia circular:

- **Design para longevidade**

Pereira (2020) argumenta que produtos, materiais e componentes devem ser projetados para permanecer em circulação. Ao prolongar seu ciclo de vida, é possível minimizar a extração de novas matérias-primas e a geração de resíduos, além de permitir a avaliação do impacto ambiental em todas as etapas, desde a produção até o descarte. Isso acontece não apenas pela adoção de materiais e componentes duráveis, bem como pela probabilidade de serem simplesmente consertados ou atualizados pelos próprios usuários (Figura 5).

Figura 5 - Design para a longevidade



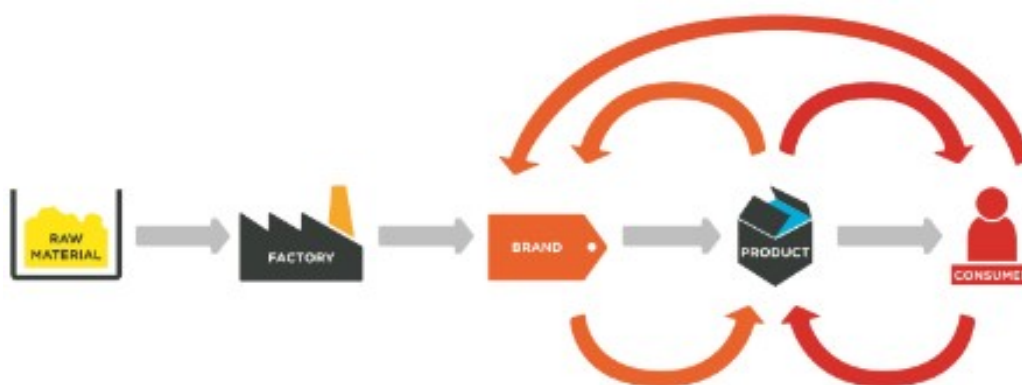
Fonte: *The Great Recovery - Redesigning the future* (2013)

Como exemplo desse modelo, a eStoks, empresa no ramo de eletroeletrônicos, iniciou a coleta de produtos novos, porém defeituosos, de lojas de varejo e produtores parceiros (Magazine Luiza, Arno, Philco, Philips, entre outros) na região Nordeste e recupera, recicla ou aproveita suas peças para reuso de componentes (Borschiver; Tavares, 2022).

- **Design para serviço ou locação**

Indica a geração de novos modelos de negócios, onde produtos transformam-se em serviços e consumidores se tornam usuários. Isso favorece tanto as empresas quanto seus clientes, e propicia a recuperação de peças e materiais. O design para serviço já vem sendo implantado com êxito em vários segmentos, motivando os fabricantes a permanecerem encarregados pelo reparo e direcionamento de aparelhos quando estes deixam de servir a seus usuários (Figura 6).

Figura 6 - Design para serviço



Fonte: *The Great Recovery - Redesigning the future* (2013)

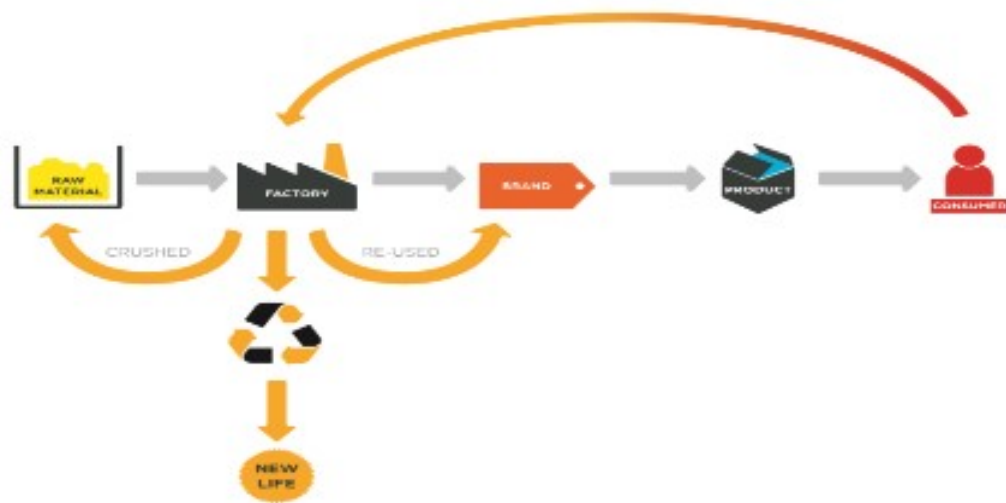
A Signify, anteriormente Philips Lighting, é uma empresa multinacional de iluminação que produz e vende lâmpadas elétricas e acessórios de iluminação instalados em todo o mundo. Ela oferece iluminação como serviço (*Logistics as a Infrastructure as a Service - LaaS*) aos seus clientes comerciais e do setor público. Mediante contrato LaaS, a Signify instala, opera e mantém os sistemas de iluminação, enquanto os clientes pagam uma taxa mensal de serviço pela luz. As luminárias e outros dispositivos de iluminação, que a Signify utiliza ao abrigo do contrato LaaS, são especificamente concebidos para fácil reparação e substituição durante o funcionamento; e pode ser facilmente reutilizado ou reciclado após o término de cada fase de uso (Fundação Ellen MacArthur, 2019).

- **Design para remanufatura ou reutilização**

Desenvolver o produto preparado para um processo industrial que consiste nas etapas de desmontagem do produto usado, na limpeza de suas peças, na reparação ou substituição de peças danificadas. Ou seja, projetar componentes e materiais que possam ser utilizados em várias séries de produtos (Figura 7).

Para Arisya e Suryantini (2021), a importância do design para reutilização, destaca-se como a criação de componentes e materiais que contribui para a redução do desperdício e a eficiência na montagem e desmontagem. Mencionam a utilização de materiais, camadas e juntas separáveis, que são fundamentais para facilitar a reutilização e a relocação de componentes, promovendo práticas sustentáveis e uma economia circular.

Figura 7 - Design para remanufatura



Fonte: *The Great Recovery - Redesigning the future* (2013)

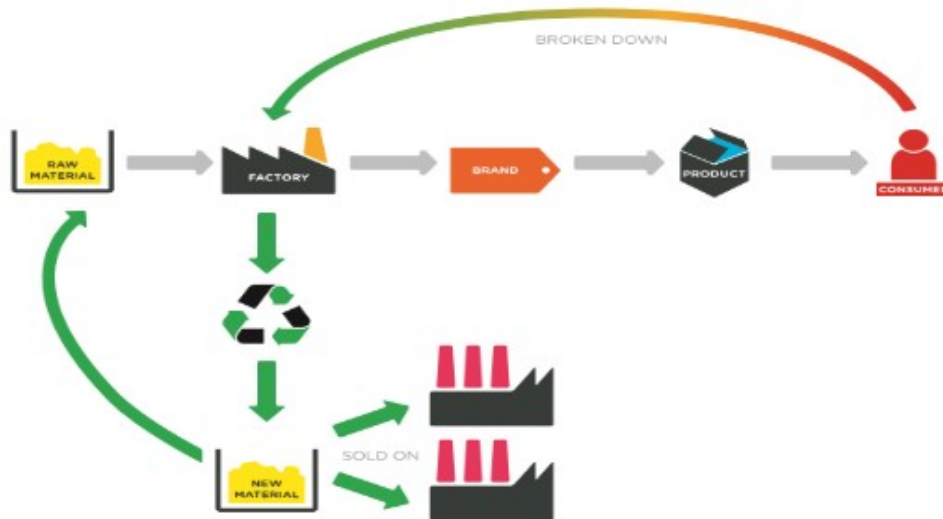
Um bom exemplo é a Caterpillar, fábrica de máquinas pesadas, que desenvolve práticas que permitem a recuperação de maior valor durante os processos de remanufatura. A empresa conseguiu expandir a margem de lucro e ainda produzir componentes da mais alta qualidade. Em vez de pretender utilizar menos material, considera-se a criação de um produto que se destina a ser refabricado várias vezes. Ela possui um portfólio de produtos com vários exemplos, e o mais conhecido é o bloco de motor com camisa removível no furo do cilindro. Quando o componente é recuperado, esse material pode ser removido e substituído para retornar o motor ao desempenho de novo (Fundação Ellen MacArthur, 2019).

- **Design para recuperação ou reciclagem**

Consiste em projetar com intenção de futuro processo de **reciclagem**, quando componentes e materiais utilizados não possam mais ser empregados pelos modelos anteriores. Vale apontar aqui que a apreciação criteriosa de cada um dos materiais que formam um produto, na fase de elaboração e design, está propriamente vinculada ao sucesso desse procedimento (Figura 8).

Esse modelo está alinhado com as ideias de Campino (2022), que destaca que os materiais circulares são recursos recuperados de usos anteriores, visando minimizar os impactos ambientais.

Figura 8 - Design para recuperação

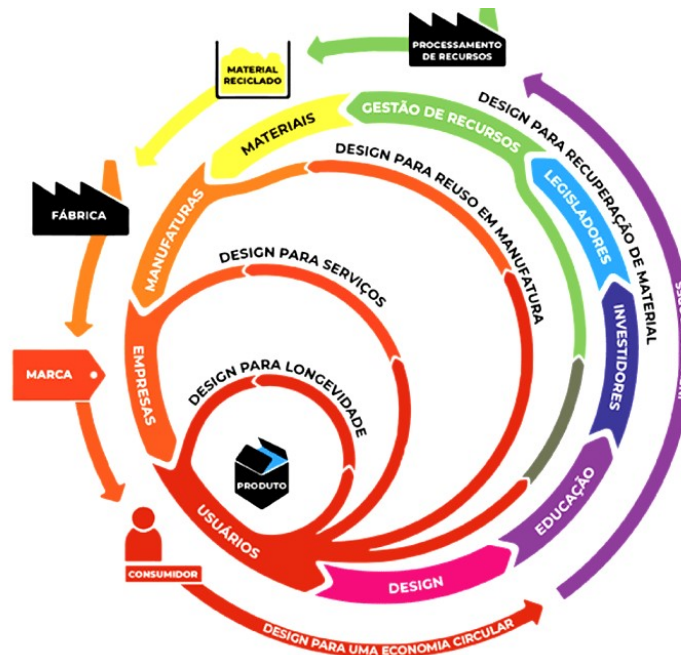


Fonte: *The Great Recovery - Redesigning the future* (2013)

No setor da construção, uma casa da *Villa Welpeloo* na Holanda construída com 60% de material recuperado, demonstra a aplicação desse modelo. Nesse caso, o aço foi obtido a partir de máquinas anteriormente utilizadas na produção têxtil, de uma indústria que antigamente era destaque na região de Enschede, nos Países Baixos, onde a casa está localizada. A madeira utilizada na fachada foi retirada de 200 carretéis de cabos danificados, o que deu peças de tamanho e formato uniformes. Esta madeira seria habitualmente transformada em aglomerado ou incinerada, reduzindo decisivamente a utilidade do material e colaborando para as alterações climáticas, um considerável fator direto da perda de biodiversidade (Fundação Ellen MacArthur, 2019).

O relatório 01 do *The Great Recovery Project* sintetiza os modelos de design propostos para o paradigma circular e suas relações e interdependência no gráfico da Figura 9.

Figura 9 - Modelos de Design na Economia Circular



Fonte: *The Great Recovery - Redesigning the future* (2013)

## 2.3 DESIGN CIRCULAR DE EDIFÍCIOS

O design circular de edifícios é uma abordagem inovadora que visa projetar construções sustentáveis e eficientes, minimizando os desperdícios e promovendo a reutilização de recursos. Para compreender melhor esse conceito, exploraremos o processo projetual e suas ferramentas, incluindo o *Circular Building Toolkit*, além de apresentar exemplos de edifícios que incorporam os princípios do design circular.

### 2.3.1 O processo projetual e suas ferramentas

O design de edifícios tem seu início no projeto arquitetônico, que serve como a base para a criação de espaços funcionais e esteticamente agradáveis. Historicamente, as áreas projetuais têm utilizado diversas representações para desenvolver suas propostas de solução, refletindo a evolução das técnicas e ferramentas ao longo do tempo.

As principais formas de representação gráfica incluem desenhos e modelos físicos (maquetes). As representações gráficas, fundamentadas em conceitos de geometria descritiva e desenho técnico, são essenciais para a comunicação das ideias projetuais. Elas incluem plantas, cortes, fachadas e perspectivas, que podem ser elaboradas tanto à mão livre quanto com o auxílio de instrumentos, como esquadros, régua e compassos.

O projeto de um edifício é um conjunto de documentações gráficas que abrangem diversas áreas, incluindo arquitetura, estrutura, instalações elétricas, hidrossanitárias, entre

outras. Cada uma dessas disciplinas contribui para a definição e a viabilidade do projeto, assegurando que todos os aspectos funcionais e estéticos sejam contemplados.

O processo projetual é dividido em três fases principais: concepção, desenvolvimento e documentação. Na fase de concepção, as ideias iniciais são exploradas e refinadas, levando em conta tanto as necessidades dos usuários quanto as limitações do espaço. Em seguida, na fase de desenvolvimento, essas ideias são transformadas em soluções mais concretas, com a elaboração de desenhos detalhados e especificações técnicas. Por fim, a fase de documentação envolve a criação de um conjunto completo de desenhos e documentos que guiarão a construção, garantindo que a visão arquitetônica seja fielmente realizada.

Essas ferramentas e técnicas evoluíram em resposta às necessidades da prática do setor de AECO e das inovações tecnológicas, melhorando a comunicação e a eficácia no desenvolvimento de projetos.

Hoje o design de edifícios está inserido no cenário da transição da 3ª revolução industrial (Técnico – Científica – Informacional) para 4ª revolução industrial (integração de tecnologias nas esferas física, digital e biológica), passando a adotar ferramentas computacionais para criação, desenvolvimento, análises e simulações.

A incorporação de tecnologias computacionais na projeção arquitetônica ganha maior relevância com a chamada segunda geração de ferramentas para o desenvolvimento de projetos, marcada pelo surgimento dos computadores pessoais, que tornaram os programas *Computer Aided Design* (CAD) mais acessíveis. Nessa geração, o foco estava mais no desenho assistido por computador do que no projeto assistido por computador. Na terceira geração, os sistemas CAD evoluíram para apoiar o processo de projeto arquitetônico, tornando-se mais inteligentes com avanços em programação orientada a objeto<sup>1</sup> e gerenciamento de banco de dados. A quarta geração explorou a utilização de recursos e tecnologias digitais disponíveis no ambiente virtual, permitindo a geração automática de várias possibilidades formais. Destacando-se, nesse contexto, programas como Revit, SketchUp, ArchiCAD, entre outros (Brigitte, 2021).

O design computacional é a forma de operacionalizar os modelos digitais. Parte-se do princípio de que a arquitetura não mais é concebida apenas pelo arquiteto, mas sim através de ferramentas computacionais que auxiliam neste processo de concepção. O arquiteto tornou-se o criador de espaço(s) de possibilidades, identificando o problema, decodificando-o e

---

<sup>1</sup> Na tecnologia orientada a objeto aplicada a ferramentas para design arquitetônico o modelo projetual digital e suas instâncias de representação são elaboradas a partir de objetos ou elementos construtivos, como parede, cobertura, piso, esquadria, estrutura, etc., com associação inteligente entre esses objetos e elementos. Por exemplo: uma esquadria está associada a uma parede.

adaptando-o, e desta forma, o arquiteto passa a dominar as regras e não a forma propriamente dita. O computador apenas contribuiu ampliando a capacidade de processamento de dados e informações, e aumentando o número de derivações destas regras (Brigitte, 2021).

Nas últimas décadas, o avanço tecnológico dos computadores, programas, celulares e internet têm impactado tanto indivíduos quanto organizações. Isso resultou em um aumento na quantidade e velocidade das informações geradas e disponibilizadas em ambientes reais e virtuais. Para se manter atualizado é necessário adaptar e otimizar processos gerenciais e investir na formação das pessoas. No âmbito da tecnologia da informação, investir nas equipes das organizações tem sido um desafio, pois requer flexibilidade e mudanças na forma de refletir e agir dos profissionais. Isso está relacionado aos hábitos de cada pessoa. No entanto, superar essa barreira pode abrir novas oportunidades e avanços, já que as tecnologias inovadoras trazem vantagens competitivas (Campestrini, 2015).

A mudança de paradigma projetual provocada pelas tecnologias computacionais como instrumento de projeto trouxe, especialmente, a possibilidade de uma projeção virtual que antecipa soluções (por meio de diversas possibilidades de simulação) e problemas que antes eram identificados somente no canteiro de obras. Dessa maneira, projetar para a circularidade conta com a ajuda de ferramentas, tecnologias e processos nunca imaginados, entre os quais, especialmente, a modelagem de informação da construção (*Building Information Modeling - BIM*).

### **2.3.2 Circular Building Toolkit**

O *Circular Building Toolkit* (CBT) – Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares – é uma metodologia abrangente desenvolvida para guiar profissionais da construção civil na adoção de princípios da economia circular em edifícios. Essa ferramenta aborda desde a fase de planejamento até a gestão do fim de vida útil de um edifício, oferecendo um arcabouço estruturado para a aplicação de conceitos circulares (Pomponi; Moncaster, 2017).

O CBT é uma iniciativa colaborativa da empresa Arup e da Fundação Ellen MacArthur com o objetivo de fomentar a adoção de princípios da economia circular no setor da construção civil. Esse conjunto de ferramentas busca fornecer orientações e exemplos concretos de como esses conceitos podem ser aplicados no design, construção e operação de edifícios, visando reduzir o impacto ambiental e preparar os empreendimentos imobiliários para um futuro mais sustentável (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Essa ferramenta adota uma estrutura conceitual baseada em quatro pilares principais:

(1) **não construir nada**, (2) **construir com valor a longo prazo**, (3) **construir de forma eficiente** e (4) **construir com os materiais certos**. Também são apresentados estudos de caso de projetos em diferentes locais, como o uso de passaportes de materiais, aluguel de materiais de construção e sistemas de iluminação modular. Esses exemplos práticos demonstram a aplicabilidade dos princípios da economia circular no setor (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

O principal objetivo do CBT é promover a transição do modelo linear de construção para um modelo circular, visando a preservação de recursos, a redução de resíduos e a melhoria do desempenho ambiental dos edifícios. Alguns dos benefícios proporcionados pela adoção dessa ferramenta incluem o aumento da vida útil dos edifícios através da adaptabilidade e desconstrução planejada, a diminuição do consumo de materiais virgens e energia graças à reutilização e reciclagem, a redução da geração de resíduos de construção e demolição, bem como a melhoria da eficiência energética e da sustentabilidade geral dos edifícios (Arup, 2022).

Dams *et al.* (2021) citam a pré-fabricação como uma solução exemplificativa dentro do contexto do CBT, destacando que sua adoção resulta em custos mais baixos na construção de edifícios, com vários benefícios anteriormente descritos. Eles também mencionam que os materiais de base biológica representam uma alternativa sustentável, oferecendo vantagens como a redução do consumo de matérias-primas e a promoção do uso de produtos reutilizados e materiais reciclados.

Apesar dos benefícios potenciais, a aplicação do CBT em edifícios existentes enfrenta alguns desafios, tais como as barreiras técnicas relacionadas à compatibilidade de sistemas e materiais, os obstáculos regulatórios e normativos que podem limitar as possibilidades de reutilização e reciclagem, e a resistência cultural e falta de conhecimento sobre economia circular na construção civil.

A implementação do Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares em edifícios já construídos envolve uma abordagem sistemática, conforme descrito por Pomponi e Moncaster (2017). Essa abordagem inclui a avaliação detalhada do edifício, a análise de dados sobre seu ciclo de vida, a identificação de oportunidades de implementação de estratégias circulares, o planejamento e implementação dessas soluções, bem como o monitoramento e a melhoria contínua do desempenho do edifício.

Vale ressaltar que a indústria da construção civil tem se concentrado predominantemente na eficiência energética dos edifícios. No entanto, para alcançar a meta de emissões líquidas zero, será necessário também abordar o carbono incorporado nos edifícios,

ou seja, as emissões associadas aos materiais e processos de construção. O CBT surge, portanto, como um recurso gratuito e aberto ao público, com o intuito de apoiar designers e planejadores na incorporação desses conceitos desde o início de novos projetos (Arup, 2022).

Nesse cenário, Pereira (2020) acrescenta que o design deve adotar ações articuladas e objetivas para otimizar o desempenho ambiental. Isso inclui a escolha de materiais de baixo impacto, que sejam menos poluentes, não tóxicos, sustentáveis ou reciclados, além de demandarem menos energia na fabricação. A eficiência energética deve ser priorizada, visando à redução do consumo de energia nos processos de fabricação. Assim, o uso do CBT se destaca como um instrumento indispensável para auxiliar os designers a alcançar eficiência energética e sustentabilidade na construção.

O *Circular Building Toolkit* representa uma ferramenta essencial para a transição da construção civil rumo a uma economia circular. Sua aplicação em edifícios existentes, embora desafiadora, possui um enorme potencial para preservar recursos, reduzir resíduos e melhorar a sustentabilidade do ambiente construído. Ao adotar essa abordagem, os profissionais da construção civil podem desempenhar um papel fundamental na promoção de uma construção mais sustentável e resiliente (Arup, 2022).

### 2.3.3 Exemplos de edifícios circulares

Neste item apresentam-se exemplos de projetos de edifícios que encaixam no design circular e se relacionam com a aplicação do Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares.

#### a) Escola de Arquitetura *Bartlett* (UCL) - Londres, Reino Unido

O projeto de reforma da *Bartlett School of Architecture*, da *University College London* (UCL), demonstra como é possível modernizar edifícios construídos na década de 1970, mantendo a energia incorporada e as emissões de CO<sub>2</sub> retidas na estrutura de concreto original. A reforma, orçada em £ 20 milhões, tinha como objetivo dobrar o espaço destinado à pesquisa e ao ensino dentro da estrutura existente. O arquiteto Hawkins Brown projetou um ambiente aberto, interconectado e colaborativo, visando incentivar a aprendizagem interativa e a experiência social dos alunos (Arup, 2022).

Na visão de Dams *et al.* (2021) essa discussão pode ser entendida como um design que possibilita a reconfiguração ou conversão para acomodar mudanças no propósito ou uso de uma edificação ao longo de sua vida útil, reduzindo o risco de demolição devido à obsolescência econômica, social ou funcional.

O projeto faz parte do programa mais amplo da UCL para modernizar seu campus

*Bloomsbury*. O contratante, Gilbert-Ash, viu nessa reforma uma oportunidade importante de demonstrar a viabilidade da modernização de edifícios construídos na década de 1970, preservando a energia incorporada e reduzindo as emissões de carbono. O sequestro de carbono, segundo Dams *et al.* (2021) é fundamental para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A pegada de carbono, que abrange as emissões provenientes da produção de bens, consome de energia, transporte e gestão de resíduos, amplifica os impactos negativos sobre o meio ambiente.

Para alcançar esses objetivos, o projeto obteve uma classificação geral “Excelente” na certificação *Building Research Establishment Environmental Assessment* (BREEAM), representando as melhores práticas em design e construção sustentáveis. A obra teve duração de 78 semanas, concluída dentro do prazo e orçamento previstos no ano de 2019.

Esse projeto da *Bartlett School of Architecture* da UCL (Figura 10) se destaca como um exemplo bem-sucedido de como é possível revitalizar edifícios existentes de maneira sustentável, combinando eficiência energética e redução de emissões de carbono com a criação de um ambiente moderno, interativo e colaborativo para a comunidade acadêmica (Arup, 2022).

Figura 10 - The Bartlett School of Architecture (UCL).



Fonte: ARUP (2022)

#### **a) Microbiblioteca Bima - Bandung, Java, Indonésia**

A Archdaily (2018) apresenta a Microbiblioteca de Bima, como um projeto arquitetônico emblemático localizado em *Bandung*, Java, Indonésia, que demonstra como a criatividade e o uso consciente de recursos locais podem transformar um espaço comunitário.

Situada em uma pequena praça em um bairro de *Kampung*, a Microbiblioteca é

vizinha a moradias de classe média e a estruturas semelhantes a vilas, onde vivem pessoas de menor poder aquisitivo. O edifício foi construído sobre uma estrutura simples de aço e concreto, com um palco pré-existente que já era utilizado pela comunidade local para atividades diversas.

Um dos principais desafios enfrentados pelos projetistas foi criar um ambiente interno confortável sem o uso de ar-condicionado, dada a localização em um clima tropical. Para isso, eles buscaram soluções de fachada que pudessem sombrear o interior, permitir a entrada de luz natural e garantir uma ventilação cruzada eficiente.

A solução encontrada foi a utilização de 2.000 baldes de sorvete como material de revestimento da fachada. Esse uso criativo de um recurso local e de baixo custo atendeu aos requisitos de sombreamento e ventilação, como também conferiu à Microbiblioteca uma identidade visual única e marcante.

O projeto da Microbiblioteca de Bima (Figura 11) no ano 2016 expressa como a arquitetura pode transformar espaços comunitários de maneira sustentável e economicamente acessível, valorizando os recursos locais e as necessidades específicas da comunidade. Essa abordagem inovadora e adaptada ao contexto serve de inspiração para projetos futuros que busquem conciliar design, sustentabilidade e envolvimento da população local.

Em contrapartida, Leal (2023) ressalta que alguns materiais convencionais, como os cerâmicos, utilizam complementos que elevam os custos financeiros e demandam mão de obra especializada. Além disso, esses materiais raramente são aproveitados em sua totalidade, resultando em perdas durante o processo. Se não forem tratados adequadamente ao final de sua vida útil, tornam-se resíduos que, se mal gerenciados, podem causar impactos negativos ao meio ambiente.

Figura 11 - Bima Microlibrary



Fonte: ARUP (2022)

#### **a) Sede dos Médicos Sem Fronteiras em Barcelona - Barcelona, Espanha**

A proposta de transformação da Sede Corporativa dos Médicos Sem Fronteiras em Barcelona representa um projeto emblemático de revitalização de um edifício existente, convertendo-o em um espaço funcional e biofílico, centrado no bem-estar das pessoas (Archdaily, 2020).

O edifício, anteriormente um galpão industrial, havia passado por uma reforma em 2003, quando foi adaptado para abrigar escritórios. No entanto, essa reforma anterior desconsiderou as condições resultantes no espaço de trabalho, com núcleos de comunicação e serviços modificados apenas para atender às normas vigentes. O edifício ocupava praticamente todo o lote, gerando espaços profundos e com pouca iluminação e ventilação natural.

Nesse contexto, Barros (2020), defende que o projeto deve ser encarado não como uma obra concluída, mas sim como um processo em constante evolução que demanda flexibilidade. É fundamental reservar espaço para alterações, possibilitando que o projeto se adéque às necessidades particulares do edifício, facilite adaptações a mudanças e incentive soluções sustentáveis e versáteis na arquitetura.

A proposta atual, concluída em 2019, buscou transformar esse edifício de 8.230m<sup>2</sup> em um ambiente de trabalho flexível e integrado com a natureza. Ao organizar o espaço de trabalho em torno de um novo pátio central, foi possível promover a conexão entre os terraços e a vegetação, criando uma experiência biofílica para os ocupantes.

O novo layout distribui o espaço de trabalho em quatro andares, com um grande espaço aberto ao centro e duas faixas laterais que abrigam núcleos de comunicação, áreas de higiene, salas de reunião e espaços de descanso. Essa organização permite maior iluminação

natural e ventilação cruzada, além de fomentar a interação e a colaboração entre os funcionários.

O projeto (Figura 12) demonstra como a revitalização de edifícios existentes pode ser uma alternativa sustentável e eficiente, transformando espaços obsoletos em ambientes de trabalho modernos, saudáveis e integrados com o meio ambiente.

Figura 12 - Headquarters of Doctors Without Borders in Barcelona

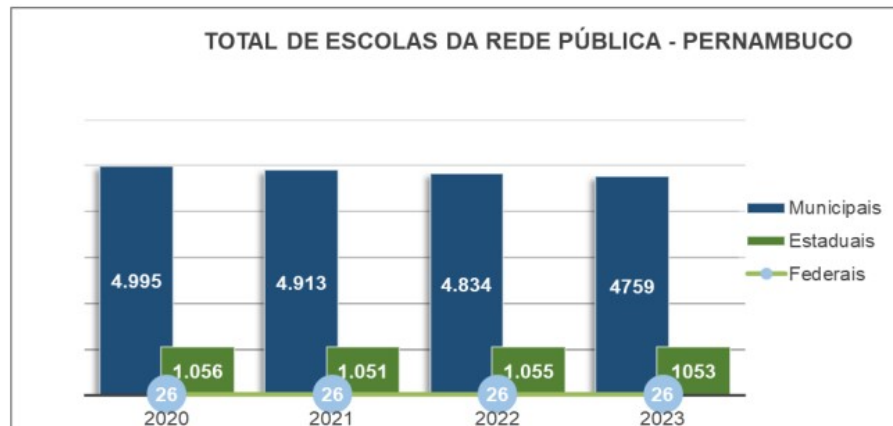


Fonte: Arup (2022)

#### 2.4 A SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTES / PE

A SEE-PE foi fundada em 1963, inicialmente sob a denominação de Secretaria de Educação e Cultura. Em 2006, a pasta do esporte foi incorporada, resultando na mudança de nome para Secretaria de Educação e Esportes. Em 2023, a rede de escolas públicas do estado de Pernambuco contava com um total de 1.053 instituições. A Figura 13 apresenta uma comparação dos quantitativos das escolas da rede pública entre os anos de 2020 e 2023, considerando os entes municipais, estaduais e federais. Embora não tenha ocorrido uma evolução quantitativa neste período, as escolas estaduais apresentaram melhorias em sua infraestrutura, com investimentos em reformas, ampliações, manutenção e construções de novos espaços, porém sem a devida preocupação com a sustentabilidade (RAI, 2023).

Figura 13 - Escolas da rede pública de ensino de Pernambuco-2020 a 2023



Fonte: SEE-PE-RAI (2023)

Atualmente a rede estadual está organizada em 16 Gerências Regionais de Educação (GRES), conforme ilustra na Figura 14, que têm a competência de planejar ações estratégicas para alcançar as metas estabelecidas, com base em indicadores educacionais, em consonância com as diretrizes e políticas estaduais e nacionais de educação (DISES, 2023).

Figura 14 - Gerências Regionais de Educação e Regiões de Desenvolvimento (GRES)



Fonte: SEE-PE-DISES (2023)

Em 2023, a rede de ensino de Pernambuco abrangia 1.057 escolas, atendendo mais de 460 mil alunos e contando com cerca de 40 mil professores. A distribuição das instituições por perfil foi a seguinte: 578 escolas de referência (EREF, EREM e EREFEM), 156 escolas indígenas, 2 escolas quilombolas, 246 escolas regulares, 58 Escolas Técnicas Estaduais (ETE) e 17 unidades prisionais. A Figura 15 apresenta a distribuição das escolas no estado de

Pernambuco, organizadas pelas 16 Gerências Regionais de Educação (GREs) (DISES, 2023).

Figura 15 - Rede de ensino de Pernambuco em 2023



Fonte: SEE-PE-DISES (2023).

As escolas de referência são instituições de tempo integral, com uma jornada escolar de sete horas diárias ou 35 horas semanais, voltadas para a educação básica integral. Os três modelos de projetos arquitetônicos desenvolvidos pela Secretaria pertencem a esse tipo de escola e desempenham um papel fundamental na educação em Pernambuco, promovendo melhorias significativas na infraestrutura escolar. A localização e a distribuição dessas escolas no estado estão representadas na Figura 16 (DISES, 2023).

Figura 16 - Escolas de Referência em Pernambuco em 2023



Fonte: SEE-PE-DISES (2023).

A SEE-PE é responsável pelo planejamento, projeto e construção de novas unidades escolares, atendendo às demandas do estado, e pela manutenção das escolas estaduais, realizando reparos e intervenções estruturais para garantir um ambiente adequado para o ensino e aprendizagem. Esse planejamento inclui a definição de critérios técnicos e

pedagógicos, de modo que as escolas atendam aos requisitos de acessibilidade, segurança e qualidade do espaço físico. Após a fase de planejamento, a SEE-PE se envolve na construção das novas unidades escolares, coordenando os processos licitatórios e acompanhando a execução das obras para assegurar que sejam realizadas conforme os padrões estabelecidos (RAI, 2023).

A Secretaria conta com uma estrutura dedicada à gestão da infraestrutura escolar, que abrange os seguintes setores:

- **Secretária Executiva de obras (SEOB):** responsável pela coordenação geral, planejamento estratégico, gestão de recursos, articulação interinstitucional e relatórios e avaliações.
- **Gerência Geral de Arquitetura e Engenharia (GGAE):** responsável por planejar, executar e acompanhar obras e reformas nas escolas, gestão de equipes, análise técnica das intervenções nas escolas e comunicações com fornecedores.
- **Superintendência de Obras (SUOBR):** realiza a supervisão das obras novas e reformas das unidades escolares.
- **Gerência de Apoio aos Projetos Executivos (GAPE):** coordena os projetos de construção e reforma das unidades escolares.
- **Gerência de Manutenção da Rede (GEMR):** realiza a supervisão da manutenção das instalações existentes.
- **Gerência de Execução de Orçamento (GEO):** elabora o planejamento financeiro para as obras e projetos de infraestrutura.
- **Gerência de Acompanhamento à execução dos Contratos de Engenharia (GACE):** coordena os contratos de construção e manutenção das unidades escolares.
- **Setores Técnicos:** engenheiros civis, arquitetos e outros profissionais que atuam na elaboração de projetos e na execução de obras.

A Figura 17 ilustra a estrutura do organograma da Secretaria Executiva de Obras da SEE-PE:

Figura 17 - Organograma Secretaria Executiva de Obras – SEE-PE



Fonte: autora (2023)

Os modelos padrão das unidades escolares estaduais são desenvolvidos pela GAPE que tem como objetivo fornecer suporte técnico e administrativo para a implementação de projetos que visam à melhoria da educação e fomentar o desenvolvimento esportivo no estado. A GAPE é responsável pela elaboração, acompanhamento e avaliação desses projetos, assegurando a utilização eficiente dos recursos e o alcance das metas estabelecidas. Para isso, sua equipe é composta por profissionais qualificados em diversas áreas, como educação, administração, arquitetura e engenharia, que colaboram no planejamento e na execução dos projetos (RAI, 2023).

Dessa forma, o papel da SEE-PE na área de infraestrutura escolar é indispensável para assegurar que a rede estadual de ensino disponha de espaços físicos apropriados e em bom estado de conservação, contribuindo, assim, para a qualidade da educação oferecida aos estudantes de Pernambuco.

As atribuições da SEE-PE estão alinhadas ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 4 que busca garantir uma educação inclusiva, equitativa e de qualidade, promovendo oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos. Este objetivo enfatiza a importância de eliminar disparidades de gênero e garantir acesso à educação em todos os níveis, desde a educação primária até a formação técnica e profissional (ONU, 2025). A qualidade da educação é essencial para que jovens e adultos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para o mercado de trabalho e a vida em sociedade. Além disso, a formação de professores qualificados é crucial, especialmente em países em desenvolvimento. A educação também deve integrar princípios de sustentabilidade, preparando cidadãos informados e engajados. Ao almejar a educação de qualidade, o ODS 4 contribui para o desenvolvimento humano, a redução da pobreza e a construção de sociedades mais justas e pacíficas. Portanto, a colaboração entre governos, instituições educacionais e a sociedade civil é fundamental para alcançar essas metas.

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 (ODS12) trata da mudança nos padrões de consumo e produção como a base do desenvolvimento econômico e social sustentável. As metas do ODS 12 visam a promoção da eficiência do uso de recursos energéticos e naturais, da infraestrutura sustentável, do acesso a serviços básicos (ONU, 2025). A SEE-PE pode traçar suas competências a esse objetivo por meio da implementação de projetos de construção de escolas que priorizem materiais sustentáveis, promovam a educação ambiental e adotem tecnologias de eficiência energética. Além disso, incentivar práticas de reciclagem nas escolas contribui para formar alunos conscientes sobre a importância do consumo responsável. Assim, a SEE-PE pode desempenhar um papel crucial na integração de práticas sustentáveis na educação, beneficiando tanto os estudantes quanto o meio ambiente.

Em resumo, a Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco desempenha uma ação imprescindível na formulação, implementação e avaliação das políticas públicas de educação e esportes no estado, buscando assegurar o acesso e a melhoria do ensino, bem como o fomento de atividades esportivas e de lazer para a população.

## 2.5 MODELOS DE PROJETO DE EDIFÍCIOS ESCOLARES DA SEE-PE: HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS

As escolas estaduais de Pernambuco desempenham um papel vital na formação de milhares de estudantes, oferecendo uma variedade de programas educacionais que buscam atender às demandas da sociedade contemporânea. O estado continua a investir em infraestrutura, formação de professores e em inovação pedagógica, com objetivo de garantir o acesso a uma educação de qualidade para todos os pernambucanos (Pernambuco, 2023).

Os modelos de projetos do FNDE têm sido predominantemente aplicados nas ETEs e nas escolas indígenas-quilombolas, enquanto os modelos da Secretaria da Educação são mais utilizados nas escolas de referências (EREF, EREM e EREFEM). Embora existam vários modelos de projetos desenvolvidos pela SEE-PE para a construção de escolas estaduais, atualmente, três modelos se destacam por atender às diferentes classificações, quantidades de salas e áreas dos terrenos (GAPE, 2023). São eles:

- Modelo horizontal de pavimento térreo com vários módulos paralelos (Figura 18).

Esse modelo requer grandes áreas de terreno, com uma implantação que se distribui de forma ampla. Os módulos são dispostos de maneira horizontal e paralela, organizados em setores funcionais como pedagógico, educacional, serviços gerais e vivência/recreação. Os blocos são interligados por passarelas, facilitando a circulação. O sistema construtivo é

bastante simples, empregando paredes de alvenaria e coberturas de telhas cerâmicas. No entanto, não há investimentos em práticas sustentáveis. Atualmente, esse modelo é pouco utilizado devido à escassez de terrenos com grandes áreas disponíveis.

Figura 18 - Modelo 3D do projeto horizontal



Fonte: GAPE – SEE-PE (2023)

- Modelo horizontal de pavimento térreo e primeiro pavimento com dois módulos (Figura 19).

Esse modelo também exige terrenos com grandes áreas, mas apresenta um design mais moderno, com uma estrutura metálica que separa os dois módulos e abriga uma área de vivência e recreação. As demais seções são organizadas em setores pedagógico, educacional e serviços gerais. Diferente do outro modelo horizontal, este apresenta um pavimento superior, embora os materiais construtivos mantenham o mesmo padrão. É mais utilizado nas implantações em comparação ao modelo anterior, mas atualmente a disponibilidade de terrenos compatíveis com suas dimensões é limitada, e não há investimentos voltados para a sustentabilidade.

Figura 19 - Modelo 3D do projeto horizontal de pavimento térreo e pavimento superior



Fonte: GAPE – SEE-PE (2023)

- Modelo vertical com piso térreo e mais dois pavimentos e dois módulos (Figura 20).

O MVPE é o modelo vertical, que apresenta três pavimentos com dois blocos interligados, acessíveis por rampas e escadas. Os setores são distribuídos entre os pavimentos:

no térreo, encontram-se o setor pedagógico, vivência/recreio e de serviços gerais, enquanto o segundo e o terceiro pavimentos abrigam o setor educacional. Sua implantação no terreno é mais compacta e, dependendo da quantidade de salas, pode permitir a verticalização dos módulos. Embora possua um sistema construtivo simples, como os demais modelos, sua capacidade de verticalização torna-o mais requisitado para atender terrenos com áreas menores.

Figura 20 - Modelo 3D do projeto vertical (MVPE)



Fonte: GAPE – SEE-PE (2023)

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A presente pesquisa teve caráter exploratório e adotou a análise como estratégia de investigação. O universo de pesquisa compreendeu os modelos de projeto arquitetônicos escolares empregados pela Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco (SEE-PE), com foco no modelo vertical de projeto escolar (MVPE) adotado até 2023. A escolha desse modelo se justifica por ser o mais construído, com ou sem adaptação de acréscimo de pavimento.

Como procedimentos técnicos foram adotados **pesquisa bibliográfica**, **pesquisa documental** (Etapa 1) e **análise do modelo vertical de projeto escolar** (Etapa 2), para **construção da avaliação e produção dos resultados** (Etapa 3).

#### 3.2 COLETA DE DADOS

A Etapa 1 adotou como fontes de dados e informações, livros, artigos científicos e reportagens jornalísticas (sites) para a pesquisa bibliográfica e documental. Essas fontes foram extraídas de bases científicas (CAPES, *Google Scholar* e *Science Direct*), sites de órgãos envolvidos (Associação Brasileira de Normas Técnicas; *Intergovernmental Panel on Climate Change*; *United Natyons*, Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco) e sites relacionados aos fundamentos do paradigma circular, do design para a circularidade, do design de edifícios e das conexões entre essas abordagens (Archdaily; Arup; Ellen Macarthur Foundation).

#### 3.3 ANÁLISE DO MODELO VERTICAL DE PROJETO ESCOLAR

As informações para realização do estudo (Etapa 2) foram obtidas por meio da Gerência de Apoio aos Projetos Executivos (GAPE) da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco e constou da documentação de projeto que incluiu representações gráficas, memoriais descritivos e especificações do projeto da edificação, informações consideradas suficientes e adequadas para a análise e compreensão do modelo vertical de projeto escolar objeto do estudo.

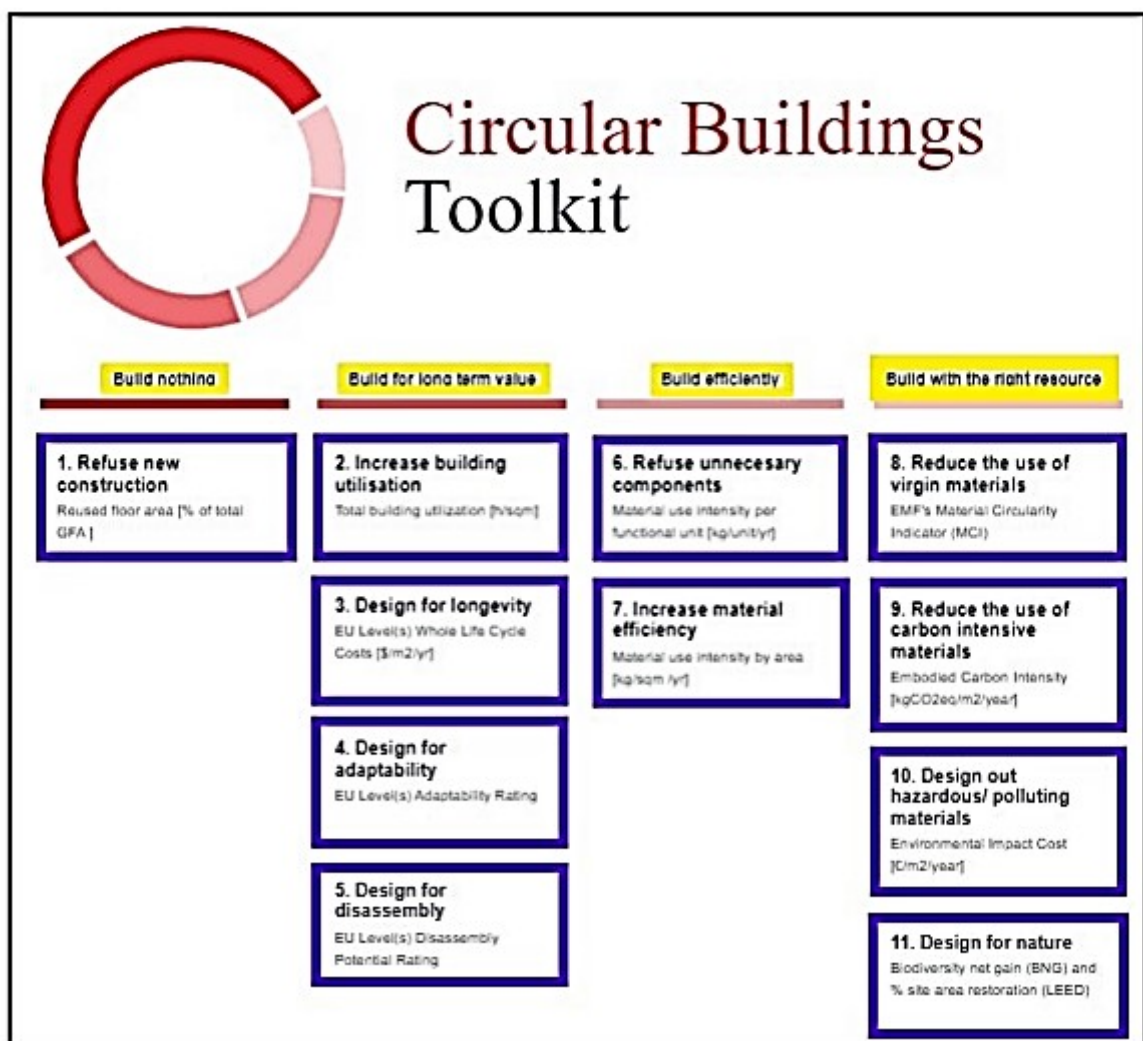
#### 3.4 ANÁLISE DE DADOS

Para a Etapa 3, adotou-se o *Circular Building Toolkit* como um guia para proceder à análise e avaliação do projeto MVPE. Considerou-se que os eixos estruturantes e as estratégias a eles relacionadas, propostos para orientar a ação projetual de edifícios circulares,

possuem viabilidade e pertinência como instrumento metodológico de avaliação.

O *Circular Building Toolkit* está estruturado em 4 (quatro) eixos (I – Não construir; II – Construir para uso a longo prazo; III – Construir com eficiência; IV – Construir com materiais certos) aos quais há 1 (uma) ou mais estratégias relacionadas, em um total de 11 (onze). Para cada estratégia definiram-se ações que orientam como alcançar o objetivo da estratégia. A tradução livre do CBT consta do Anexo A e as Figuras 21 e 22 apresentam a estrutura da ferramenta em layout original e em português, respectivamente.

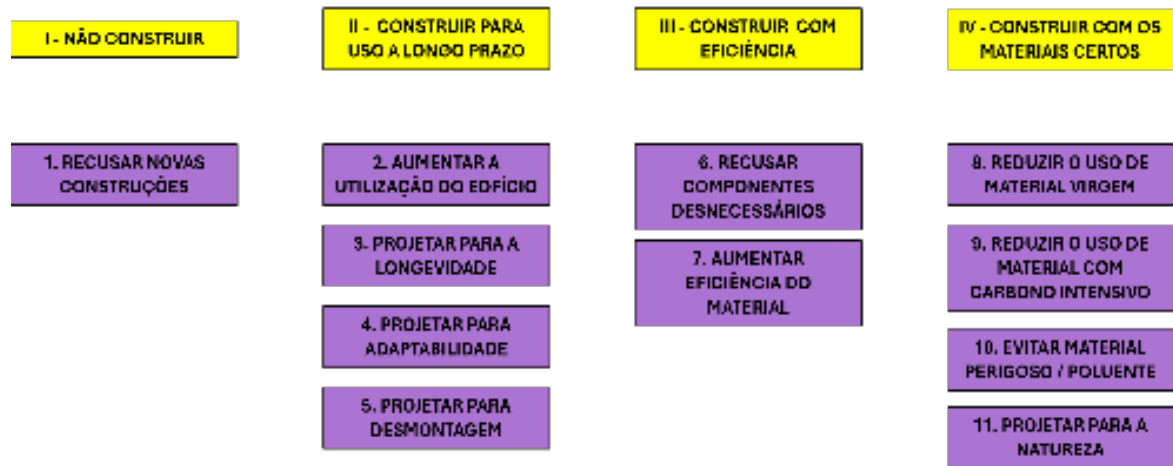
Figura 21 - Framework Circular Buildings Toolkit



Fonte: Arup, 2023.

Figura 22 - Estrutura Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares

## CONJUNTO DE FERRAMENTAS PARA EDIFÍCIOS CIRCULARES



Fonte: A autora, 2024

Em síntese, essa metodologia híbrida, combinando pesquisa bibliográfica, documental e análise do modelo vertical de projeto escolar, permitiu uma compreensão abrangente da aplicação dos princípios do paradigma circular no design de edifícios escolares, com o foco no modelo vertical adotado pela SEE-PE.

Para uma melhor visualização e compreensão da metodologia criou-se um fluxograma (Figura 23).

Figura 23 - Fluxograma dissertação



Fonte: A autora, 2024

## 4 RESULTADOS

Neste tópico, serão apresentados os resultados referentes à análise do modelo vertical de projeto escolar adotado pela SEE-PE com a aplicação dos princípios do paradigma circular a partir do instrumento metodológico de avaliação (*Circular Building Toolkit*) para o desenvolvimento desta pesquisa.

### 4.1 O MODELO VERTICAL DE PROJETO ESCOLAR – MVPE

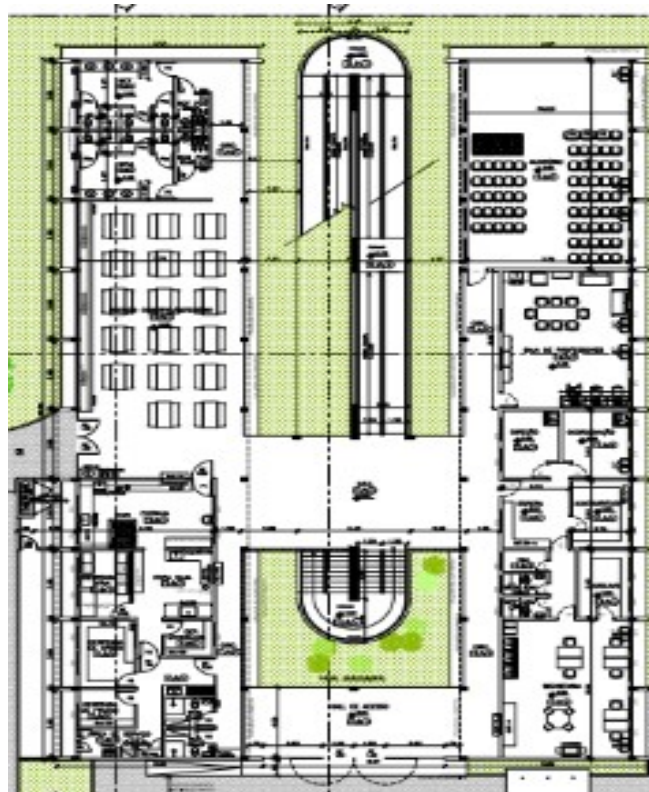
De acordo com informações da GAPE o projeto inicial foi concebido em 2009, com as ordens de serviço para a construção sendo emitidas em outubro de 2014. A partir dessa data foram construídas sete unidades escolares com o modelo vertical de projeto escolar (MVPE) no Programa Reconstrução<sup>2</sup> da SEE-PE, cada escola com 09 salas de aula. Estas unidades foram distribuídas entre os municípios de Barreiros (1), Palmares (4), Cortês (1) e Quipapá (1), com a conclusão das obras ocorrendo em 2017.

O projeto de implantação foi desenvolvido pela GAPE para atender às necessidades do município, adotando o MVPE utilizado pela Secretaria de Educação de Pernambuco. As escolas foram projetadas para permitir uma melhor orientação e ventilação nas salas de aula, incluindo ventilação cruzada conforme implantação no terreno (Figura 23). Esse modelo apresenta opções de nove salas (Figura 24) e doze salas (Figura 25), mas podendo ser ampliadas a quantidade de salas com a verticalização do módulo, adicionando pisos.

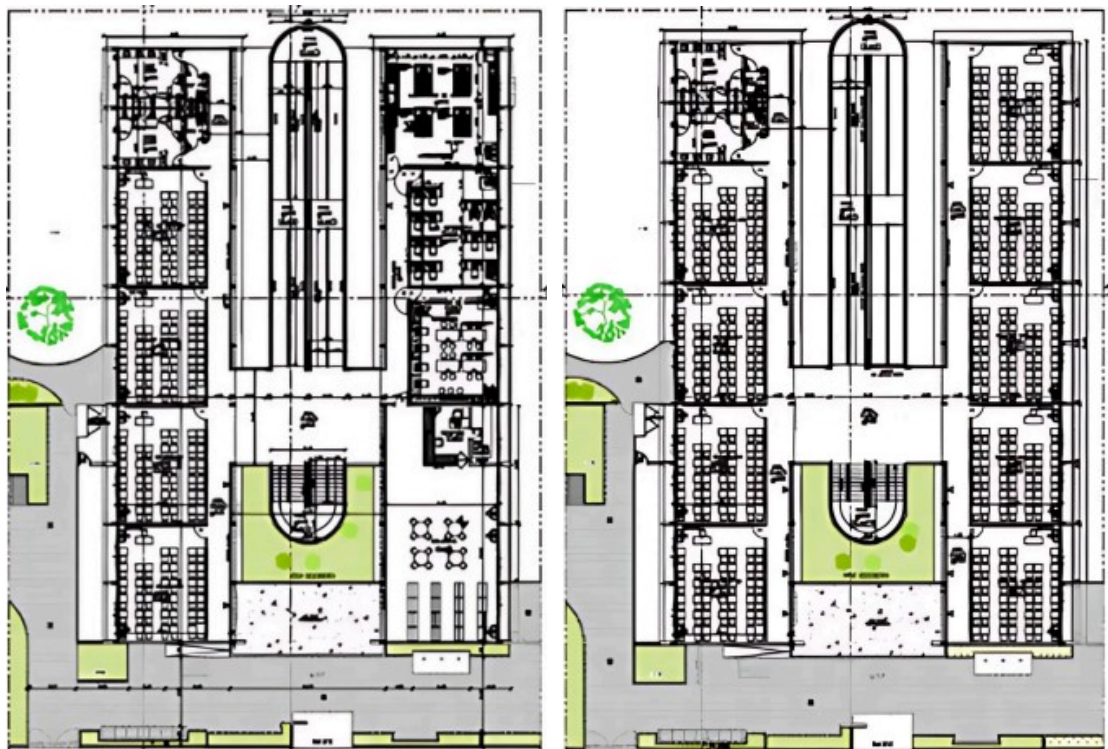
---

<sup>2</sup> Programa Reconstrução foi um programa do governo estadual de Pernambuco para reconstrução de escolas que foram destruídas pelas enchentes de 2010 e 2011 na zona da mata sul de Pernambuco.

Figura 24 - Modelo vertical (MVPE) com 12 salas - plantas baixas



PLANTA BAIXA - PAVTO. TÉRREO



PLANTA BAIXA - 2º PAVTO.

PLANTA BAIXA - 3º PAVTO.

Fonte: GAPE – SEE-PE (2023)

Figura 25 - Foto da Escola Fraternidade – (MVPE) com 9 salas



Fonte: SEE-PE – GAPE (2023)

Figura 26 - Foto da Escola Lagoa de Itaenga – MVPE com 12 salas



Fonte: SEE-PE – GAPE (2023)

O MVPE é distribuído em três pavimentos com acesso aos andares superiores por meio de uma rampa. O térreo abriga a sala do coordenador, sala do diretor, sala de professores, arquivo, almoxarifado, secretaria, banheiros administrativo feminino e masculino, recreio coberto/refeitório, banheiros feminino e masculino para estudantes, banheiros feminino e masculino para pessoas com deficiência (PCD), biblioteca, laboratório de ciências, cozinha, despensa, depósito de material de limpeza e banheiro de serviço. O primeiro pavimento conta com 07 (sete) salas de aula, laboratório de informática e de matemática, banheiro feminino e masculino para estudantes, e banheiro feminino e masculino para pessoas com deficiência (PCD). O último pavimento possui mais 05 (cinco) salas de aula.

O projeto do MVPE apresenta um layout convencional, típico das construções escolares tradicionais. O edifício é composto por salas de aula dispostas em corredores. As instalações prediais (hidrossanitária, elétrica, refrigeração, telecomunicação) seguem um padrão básico e convencional, sem investimentos em soluções sustentáveis. A iluminação é feita exclusivamente por lâmpadas elétricas fluorescentes. Não há sistemas de captação de água da chuva ou de tratamento de efluentes. O descarte de resíduos é realizado sem coleta

seletiva ou iniciativas para reciclagem. Esse modelo construtivo e operacional reflete uma visão conservadora, com foco apenas nos aspectos básicos de funcionalidade, sem integrar soluções que visem maior eficiência energética, conforto ambiental e responsabilidade socioambiental.

Em 2022, o MVPE passou por uma atualização, com a adição de uma escada para acesso aos andares superiores. O programa de necessidades foi ampliado e, conseqüentemente, o modelo sofreu adequações. No térreo, foi acrescido um auditório, despensa fria, despensa para grãos, depósito de utensílios, despensa para frutas e banheiro de serviço feminino e masculino. No primeiro pavimento, a biblioteca foi realocada e no último pavimento foram adicionadas mais três salas de aula.

Em algumas solicitações para construção no MVPE foram feitos pedidos específicos, resultando em desmembramento do volume da edificação escolar com a criação de um módulo anexo. Foi o caso da escola Lagoa de Itaenga (2023) (Figura 26), que teve como programa de necessidade 15 salas de aula, mantendo o volume escolar com três pavimentos, e com os laboratórios implantados no módulo anexo. A implantação do MPVE modificado foi possível devido à disponibilidade de espaço no terreno.

Figura 27 - Fotos da Escola Lagoa de Itaenga – MVPE com módulo anexo



Fonte: SEE-PE - GAPE (2023)

Em 2023, estavam em andamento à execução duas obras com o MVPE, localizadas nos municípios de Caetés e Primavera, e existem cerca de 20 escolas com modelos verticais concluídas. Essas unidades mantêm, em geral, o mesmo padrão técnico construtivo original, com atualizações apenas na acessibilidade e adequações às legislações urbanísticas locais. Ainda não houve a inclusão do tema da sustentabilidade na documentação de projeto.

## 4.2 ANÁLISES DO MVPE POR MEIO DA *CIRCULAR BUILDING TOOLKIT*

Para análise do modelo vertical de projeto escolar utilizando o Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares, construiu-se um quadro (Figura 27), no qual foram registradas informações e avaliações com base na documentação de projeto e em visitas técnicas complementares, para cada ação considerada pertinente ao projeto constante nas estratégias.

Figura 28 - Modelo do quadro adotado para análise do MVPE por meio do CBT

EIXO ESTRUTURANTE (nome do eixo)				
ESTRATÉGIAS (nome da estratégia)				
AÇÕES	IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO	FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES	OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS	RECOMENDAÇÕES
(número e nome da ação)				

Fonte: A autora, 2024

O Quadro 01 (APÊNDICE A) traz o registro completo da análise, cuja avaliação e discussão mais relevantes e recomendações apresentam-se em seguida.

### **EIXO ESTRUTURANTE: I - NÃO CONSTRUIR**

O estudo de Sá *et al.* (2023) destaca a importância da Economia Circular (EC) como uma estratégia eficaz para minimizar a necessidade de novas construções, contribuindo assim para a conservação de recursos escassos e a redução da perda de energia. Essa abordagem promove um crescimento sustentável ao integrar os ciclos de vida de produtos, materiais e recursos, possibilitando que estes sejam reutilizados, recuperados ou reciclados de maneira a maximizar seu valor. A recomendação de identificar a disponibilidade de edificações existentes emerge como uma prática fundamental para recuperar, renovar ou reaproveitar, assegurando a sustentabilidade das construções e alinhando-se aos princípios do paradigma circular, que visa só a eficiência, mas a responsabilidade ambiental em todos os estágios do ciclo de vida dos materiais.

#### **Estratégia 1: Recusar novas construções desnecessárias**

##### Ação 1.1. Reutilizar, renovar ou reaproveitar um bem existente

A Secretaria de Educação de Pernambuco (SEE/PE) responde às solicitações de construção de edificações escolares feitas pelas prefeituras, que, via de regra, oferecem terrenos como contrapartida, segundo informações adquiridas na Gerência de Apoio aos Projetos Executivos (GAPE-SEE/PE), no sistema SEI-PE e por meio de ofícios.

Verificou-se que a SEE/PE não possui prática de reutilização, renovação ou reaproveitamento de edifícios para a função de escola. Desse modo, recomenda-se que, ao receber uma solicitação de construção de edifício escolar, seja identificada a disponibilidade de edificações existentes que possam atender aos requisitos escolares, por meio de adaptações para reaproveitá-las.

Avaliar a viabilidade de reutilizar materiais de edifícios existentes poderá trazer benefícios, como a redução das emissões de carbono incorporado, minimização do desperdício decorrente de demolições, diminuição da extração de novos recursos e extensão do ciclo de vida dos edifícios.

## **EIXO ESTRUTURANTE: II - CONSTRUIR PARA USO A LONGO PRAZO**

### **Estratégia 2: Aumentar a utilização do edifício**

Segundo Azevedo, Sanches e Pinheiro (2022), para espaços multiuso e layouts flexíveis, o sistema *drywall*<sup>3</sup> é ideal, oferecendo qualidade e durabilidade comparáveis à alvenaria convencional, além de versatilidade. Sua aplicação permite a integração com sistemas elétricos e hidráulicos, agilidade na montagem e redução de resíduos. Esse sistema garante conforto térmico, acústico e suporte adequado a pesos. É um método que facilita a execução de obras, reduzindo a necessidade de mão de obra qualificada e os custos associados, além de contribuir para a diminuição de resíduos gerados, tornando o mercado mais flexível para incorporar mudanças. Ambientes com múltiplos usos são beneficiados com esta técnica flexível e versátil, permitindo reconfigurações simples. As recomendações para essa estratégia, tanto na função como nas reconfigurações, estão alinhadas com as afirmações dos autores e com o paradigma circular.

#### Ação 2.1. Aumentar o potencial multiuso dos espaços de construção

O projeto do modelo de edifício escolar vertical não define espaços multiuso, limitando-se aos usos educacionais específicos para os quais foram projetados. Essa constatação foi feita durante as visitas técnicas às edificações do MVPE e na análise do projeto arquitetônico.

Recomenda-se, portanto, que na fase de concepção projetual apliquem-se conceitos de multiuso, tanto para funções educacionais quanto para outras possíveis funções, desde que não haja prejuízo à função principal da escola. Um exemplo prático seria a criação de espaços

---

<sup>3</sup> O *drywall* é um sistema construtivo que utiliza placas de gesso acartonado fixadas em uma estrutura metálica para a construção de paredes, forros e revestimentos internos. É um método versátil, que oferece inúmeras possibilidades de aplicação em projetos residenciais, comerciais e industriais. (SIENGE, 2023)

flexíveis dentro das escolas, como auditórios que podem ser utilizados tanto para atividades educacionais, como palestras e apresentações, quanto para eventos comunitários, como feiras de ciências-artes ou reuniões. Esses ambientes podem ser projetados com mobiliário modular que se adapta a diferentes configurações, permitindo que a escola atenda a diversas necessidades sem comprometer sua função principal de educação.

Essa ação promoverá diversos benefícios, como a redução das emissões de carbono incorporado, minimização do desperdício decorrente de demolições, diminuição da extração de novos recursos e potenciais economias de custos para usuários e proprietários devido à maior utilização do espaço. Todas as ações da estratégia 2 terão esses mesmos benefícios.

#### Ação 2.2. Criar as condições físicas gerais para permitir a implementação multiuso

O projeto do edifício escolar vertical se limita ao programa, função e usos educacionais solicitados. Essa informação foi obtida por meio da identificação na documentação de projeto, como o projeto arquitetônico, estrutural, elétrico, hidrossanitário, de climatização e de cabeamento, além de visitas técnicas. Ao se restringir ao programa, função e usos educacionais solicitados, o projeto do edifício escolar vertical (e sua construção) atende aos requisitos técnicos-constructivos, como estrutura, materiais e instalações.

Recomenda-se, na fase de concepção do projeto, prever uma infraestrutura que permita a adaptação dos espaços para múltiplos usos. Um exemplo dessa recomendação seria a criação de salas de aula com paredes móveis ou divisórias retráteis. Essas salas podem ser configuradas para diferentes tamanhos e formatos, permitindo que se transformem em ambientes para aulas tradicionais ou até mesmo espaços para atividades artísticas e culturais.

#### Ação 2.3. Concepção para uma maior utilização de espaços regularmente "vazios"

O modelo vertical de projeto escolar (MVPE) apresenta uma concepção de espaços com baixa utilização, conforme observado durante as visitas técnicas realizadas nas unidades escolares. Nessas visitas, constatou-se que o projeto do MVPE estabelece ambientes com único uso, o que dificulta a ocupação com outras atividades e resulta em espaços que permanecem frequentemente vazios.

Como recomendação, sugere-se incluir no projeto espaços destinados a usos intensivos. Um exemplo de espaço regularmente "vazio" é a biblioteca que também pode funcionar como sala de estudo e espaços para eventos. A biblioteca pode ser equipada com mesas e cadeiras móveis, permitindo que sejam utilizadas para leitura, trabalhos em grupo ou até mesmo para a realização de palestras e oficinas. Outros exemplos de áreas com grande

potencial para essa finalidade são: auditório e refeitório. No entanto, é fundamental que essas instalações sejam adequadamente equipadas para atender às diversas atividades propostas.

#### Ação 2.4. Projetar unidades locais de desempenho de edifícios para que possam trabalhar em várias configurações e requisitos de espaço

O projeto de edifício escolar vertical define as instalações prediais especificamente para atender aos requisitos de espaço do programa, conforme identificado nas informações obtidas na documentação de projeto. As instalações prediais foram planejadas para desempenho técnico de uso único, exigindo menos material no início da implementação, mas sendo menos eficiente em termos de materiais ao longo de todo o ciclo de vida.

Sugere-se projetar espaços com configuração flexível para atender aos requisitos de desempenho técnico de mais de um tipo de uso. Um exemplo para ambientes flexíveis seria salas de aula que possam ser facilmente reconfiguradas para diferentes usos. Essas salas preparadas com móveis modulares (mesas e cadeiras que permitam ser rearranjadas para atividades em grupo, aulas expositivas ou projetos colaborativos), e podem ser equipadas com tecnologia para a projeção de vídeos e apresentações, além de ter divisórias móveis que possibilitem a união de várias salas para eventos maiores (como palestras ou feiras de ciências). Essa flexibilidade proporciona que o ambiente escolar se adapte rapidamente às necessidades dos alunos e professores, promovendo um aprendizado mais dinâmico e interativo.

#### Ação 2.5. Fazer de paredes internas versáteis/flexíveis/móveis para o layout do espaço para suportar multiuso

O modelo de projeto analisado apresenta sistema estrutural modular em concreto armado, com paredes (internas e externas) em tijolos cerâmicos, conforme consta no projeto arquitetônico, nos Padrões Mínimos de Arquitetura e Construção para Implantação das Escolas Estaduais (PAD\_CONST\_ACAB\_GER), Cartilha de Especificação Técnica (CART\_ESP\_TEC) e Projeto Estrutural (PROJ\_ESTRUT). Observa-se que os materiais das paredes não são versáteis e flexíveis, o que dificulta o uso de múltiplas funções nos espaços, uma vez que não permitem a reconfiguração dos espaços internos.

Recomenda-se a escolha de materiais flexíveis e versáteis para as paredes, visando soluções multiuso que otimizem os espaços. Entre os exemplos adequados, destacam-se os painéis de gesso acartonado (*drywall*), que são leves e de fácil instalação, permitindo a criação de divisórias e a reconfiguração dos ambientes. Outra opção são os sistemas de painéis modulares, que podem ser rearranjados conforme a necessidade, possibilitando a

criação de diferentes configurações espaciais.

### **Estratégia 3: Projetar para Longevidade**

Para projetar com foco na longevidade, é essencial garantir a eficiência no uso dos recursos naturais e promover um impacto positivo no meio ambiente. Isso envolve a inovação de materiais e a busca por produtos e serviços que apresentem menor impacto ambiental, reduzindo a quantidade de materiais utilizados e aumentando o valor ao final da vida útil. O pilar “durabilidade e reparabilidade” enfatizam a necessidade de projetar produtos que durem mais, oferecendo orientações aos clientes sobre sua manutenção e implementando programas de reparação, remodelação, reutilização e reciclagem. O conceito de “produto como serviço” sugere o fornecimento de tecnologias que mantenham os produtos operando em alto desempenho por períodos prolongados. O pilar “opções para o fim de vida” incentiva o design para reciclagem, priorizando materiais que sejam fáceis de reciclar e que possuam maior durabilidade (Kinguari, 2024). As recomendações propostas estão em harmonia com a estratégia 3, com a abordagem do autor referenciado, e incluem adaptar edifícios às condições climáticas futuras, adotar soluções modulares, implementar sistemas de Produto-como-Serviço, escolher materiais duráveis e avaliar o Custo Total do Ciclo de Vida, bem como manter um registro detalhado das características dos materiais utilizados.

#### Ação 3.1. Conceber para a adaptabilidade/resiliência climática futura

A documentação de projeto não apresenta referências à adaptabilidade ou resiliência climática futura relacionada à localidade de construção do edifício escolar. Essa evidência é confirmada em diversos dados, como no projeto arquitetônico, estrutural, elétrico, hidrossanitário, de climatização, de cabeamento e na Cartilha de Especificação Técnica. Constatou-se que o MPVE se limita ao cumprimento das normas técnicas vigentes, não sendo identificadas medidas ou recomendações para adaptação às mudanças climáticas, a fim de possibilitar desempenho adequado e manter o valor da edificação.

Nesse contexto, sugere-se adaptar o edifício às condições climáticas futuras, garantindo a eficiência e o conforto ambiental. Para isso é necessário incorporar ao edifício isolamento térmico, ventilação natural e sombreamento eficiente. A utilização de materiais sustentáveis e a integração de sistemas de energia renovável, como painéis solares, são fundamentais, aliados à implementação de captação de água da chuva e planejamento de áreas verdes com vegetação nativa. A adoção de tecnologia de monitoramento, design adaptado e soluções de eficiência energética contribuirão para a sustentabilidade e a resiliência do edifício diante das mudanças climáticas.

Com essas recomendações, espera-se obter benefícios, como a redução das emissões de carbono incorporado a longo prazo, a diminuição da extração de material a longo prazo, a possibilidade de reutilização futura de componentes de construção e a redução de custos ao longo de todo o ciclo de vida do edifício. Todas as ações (de 3.2 a 3.7) poderão ter esses mesmos benefícios com a adoção das sugestões elencadas.

### Ação 3.2. Priorizar elementos modulares em vez de soluções sob medida e evitar edifícios com geometrias complexas

O projeto vertical da edificação escolar define soluções modulares e evita geometrias complexas. Essa solução com estrutura modular e formas arquitetônicas simples possibilita reformas e ampliações futuras dos espaços, ao mesmo tempo em que contribui para a redução de custos na construção, facilitando também a manutenção e a substituição de componentes.

A solução adotada no MVPE está alinhada à ação 3.2, apresentando estrutura modular de formato retangular. Isso possibilita inúmeras facilidades nas mudanças físicas dos ambientes.

### Ação 3.3. Investigar esquemas de Produto-como-Serviço para componentes que se espera que tenham uma vida útil curta ou média no projeto

Não se identificaram determinação ou sugestão para adoção de sistema de Produto-como-Serviço para nenhum componente do edifício com vida útil curta ou média. Também não foi identificado plano administrativo ou gerencial para implantação desse tipo de serviço, conforme informações obtidas na Cartilha de Especificação Técnica (CART\_ESP\_TEC), no projeto arquitetônico, elétrico, de climatização e na GAPE-SEE/PE.

Alguns equipamentos do edifício, como ar-condicionado e luminárias, possuem um ciclo de vida reduzido, resultando em resíduos que se acumulam em áreas designadas para tal. A mobília também apresenta ciclo de vida curto e neste caso a escola poderia alugar mesas, cadeiras e outros móveis que poderiam ser facilmente rearranjados ou adaptados para diferentes configurações de sala de aula. O fornecedor ofereceria a opção de atualizar o mobiliário periodicamente, garantindo que a escola tivesse sempre móveis modernos e adequados às necessidades pedagógicas. E o serviço incluiria a manutenção dos móveis, garantindo que estejam sempre em boas condições de uso, sem custos adicionais para a escola. Portanto, recomenda-se inserir na Cartilha de Especificação Técnica as orientações necessárias para implantação de sistema de Produto-como-Serviço para todos os componentes do edifício que apresentem viabilidade de execução. Conseqüentemente serão obtidos benefícios de favorecimento da utilização de esquemas que promovam a responsabilidade

compartilhada pelo ciclo de vida dos componentes.

#### Ação 3.4. Maximizar a durabilidade da estrutura do edifício através de cuidadosa seleção, proteção e manutenção dos componentes

A documentação projetual não apresenta descrição sobre a escolha de materiais para aumentar a durabilidade dos componentes de construção. Alguns materiais presentes no edifício escolar, como o concreto do sistema estrutural, oferecem certa durabilidade. Porém, não há previsão de ações de manutenção durante a utilização da edificação para aumentar a vida útil desses componentes.

Visando obter melhores resultados, recomenda-se priorizar a escolha de materiais, produtos e componentes da edificação que promovam a durabilidade e a redução dos custos de manutenção. A aplicação de aditivos ao concreto melhora a resistência à água, a corrosão e a retração como superplastificantes e inibidores de corrosão. A aplicação de revestimentos impermeabilizantes e protetores também são indicados para proteger a superfície do concreto.

#### Ação 3.5. Assegurar que a vida útil individual dos sistemas, componentes, produtos e materiais do envelope esteja alinhada com a vida útil mínima do edifício

Não foi identificada, na documentação analisada, nenhuma orientação ou informação para manutenção da vida útil de componentes, produtos e materiais especificados. Portanto, a durabilidade do edifício é comprometida devido à falta de manutenção preventiva adequada e cuidados. Essa incompatibilidade entre a vida útil dos materiais e a do edifício leva a substituições prematuras e desperdício.

Como recomendação, indica-se materiais que atendam à vida útil do edifício, projetar técnicas minimamente invasivas para manter, testar e substituir componentes individuais ou produtos com vida útil menor, e selecionar sistemas e materiais com vida útil compatível com a do edifício.

Um exemplo de produto que se alinha à vida útil mínima do edifício é o piso modular. Esses pisos são facilmente substituíveis, apresentam alta resistência ao desgaste e oferecem manutenção simples, permitindo a troca de peças danificadas de forma prática. Para as paredes, pode-se considerar o uso de painéis modulares, que além de proporcionarem proteção estética, são resistentes à umidade e de fácil limpeza. Esses painéis são removíveis, facilitando o acesso às instalações elétricas e hidráulicas. Quanto à cobertura, as telhas ecológicas representam uma excelente escolha. Feitas de materiais reciclados, elas possuem alta durabilidade e resistência a intempéries, resultando em menor necessidade de substituição ao longo do tempo.

### Ação 3.6. Utilizar a avaliação do Custo Total do Ciclo de Vida (*Whole Life-CycleCost - WLCC*) como ferramenta de avaliação de projeto

Durante o processo de projeto não se realiza avaliação do Custo Total do Ciclo de Vida do edifício. Analisando o projeto arquitetônico do MVPE, não foram encontrados dados a respeito desse aspecto. A falta de avaliação do Custo Total do Ciclo de Vida do projeto pode acarretar problemas futuros, como custos de manutenção e operação mais altos do que o esperado. Também pode levar a escolhas de materiais e soluções construtivas que são mais baratas inicialmente, mas que se mostram dispendiosas ao longo do tempo.

Nesse sentido, recomenda-se realizar a avaliação do Custo Total do Ciclo de Vida na fase de concepção do projeto, considerando a inclusão de custos de operação, manutenção e substituição na avaliação econômica.

### Ação 3.7. Emitir um documento de Passaporte de Materiais de Construção para o projeto

Não há um documento específico que registre as informações detalhadas dos materiais utilizados no edifício. Essa informação foi obtida na GAPE-SEE/PE. O emprego de Passaporte de Materiais de Construção ainda não se constitui em prática usual no design de edifícios e construção civil local.

Recomenda-se que a SEE-PE invista em estudos e formação dos profissionais nos processos e tecnologias mais atuais alinhados à produção de construções circulares. O conhecimento e domínio de instrumentos projetuais atualizados, entre eles o Passaporte de Materiais, possibilitará criar um documento detalhado que registre as características e informações dos materiais utilizados, facilitando a gestão e a manutenção do edifício durante sua vida útil.

## **Estratégia 4: Projetar para Adaptabilidade**

Conforme Dams *et al.* (2021), projetar para a adaptabilidade está intimamente relacionado à preparação de um edifício para o futuro. Essa abordagem pode ser entendida como um design que permite a reconfiguração ou conversão de uma edificação para acomodar mudanças ao longo de sua vida útil, reduzindo o risco de demolição devido à obsolescência econômica, social ou funcional. Nessa situação, edifícios com maior adaptabilidade tendem a ter uma vida útil mais prolongada, levando mais tempo para se tornarem obsoletos. Assim, a adaptabilidade contribui para a sustentabilidade dos recursos promovendo uma economia mais eficiente, evitando desperdícios e prolongando a relevância das construções no espaço urbano. Portanto, considerar a adaptabilidade no design arquitetônico é uma estratégia essencial para enfrentar os desafios contemporâneos e futuros no campo da construção civil.

Nesse contexto, as recomendações propostas, como identificação de tipologias de uso compatíveis com o projeto, soluções flexíveis e adaptáveis nas fachadas, instalações prediais aparentes, manual de *adaptabilidade* e documentação *as-built*<sup>4</sup>, favorecem a adaptabilidade e estão alinhadas com a mesma linha de pensamento de Dams *et al.* (2021).

#### Ação 4.1. Aumentar a conversibilidade: escolher massa arquitetônica, grade estrutural e layout de fundação compatível com todos os prováveis usos futuros

A massa arquitetônica do edifício escolar acompanha sua definição estrutural, não havendo registro de intenção projetual relacionada à conversibilidade do espaço. Essa constatação, observada tanto no projeto arquitetônico quanto no estrutural, indica que a edificação possui baixo potencial para atender a diversas tipologias, tendo seus parâmetros estruturais estabelecidos para um uso limitado.

Para melhorar essa situação, recomenda-se identificar tipologias de uso compatíveis com o projeto do edifício escolar vertical, como, por exemplo, Centro Comunitário, Centro de Atendimento - consultórios ou Gerência Regional de Educação, registrando-as no memorial descritivo do projeto. Essa ação pode trazer benefícios relevantes, tais como redução de emissões de carbono incorporado a longo prazo, diminuição da extração de materiais e a possibilidade de futuros inquilinos adaptarem o espaço, retendo o valor do ativo durante sua vida útil. Todas as ações da estratégia 4 terão esses mesmos benefícios.

#### Ação 4.2. Aumentar a conversibilidade: permitir alterações no uso do edifício, projetando o envelope do edifício para admitir mais de um uso, ou para permitir modificações no tamanho e espaçamento da janela

As fachadas do edifício escolar, apesar de não serem estruturais, mas sim vedações, possuem componentes que não permitem fáceis modificações no revestimento e nas aberturas. Essa constatação pode ser verificada tanto no projeto de arquitetura quanto na Cartilha de Especificação Técnica e nos Padrões Mínimos de Arquitetura e Construção para Implantação das Escolas Estaduais, evidenciando que os materiais escolhidos não facilitam essa ação. De fato, os materiais utilizados nas fachadas não são flexíveis nem desmontáveis, o que pode resultar em desperdício e acúmulo de resíduos, além de não garantir a adaptação do edifício a diferentes usos futuros.

---

<sup>4</sup> O termo *as built* é adotado no idioma português de duas maneiras: “como construído” ou “como executado”. É objeto de regulação na NBR 14645-1 e, resumidamente, define-se como o projeto que documenta como uma construção foi realizada.

Como recomendação, sugere-se que, na etapa de elaboração do projeto arquitetônico, sejam escolhidas soluções flexíveis e adaptáveis a diferentes possíveis usos, como tamanhos e espaçamentos de janelas que permitam modificações e estendam a vida útil do edifício. As janelas tipo modulares possui estas características, são projetadas em módulos que podem ser combinados ou reconfigurados, permitem a personalização do tamanho e a disposição, facilitando futuras modificações na fachada do edifício.

Ação 4.3. Aumentar a convertibilidade: fazer provisão passiva contabilizando possíveis alterações nos sistemas MEP<sup>5</sup>, fornecendo uma estratégia de substituição de instalações que evite desperdícios

A análise da documentação do projeto revela que as instalações prediais hidrossanitárias e de climatização foram projetadas de maneira tradicional, ou seja, embutidas na alvenaria, enquanto as instalações elétricas e de cabeamento estruturado foram projetadas no modo aparente. Essa constatação foi verificada nas fontes de dados do MVPE e também na Cartilha de Especificação Técnica.

Dessa forma, observa-se que as instalações prediais projetadas no modo aparente são de fácil acesso, facilitando futuras modificações sem desperdícios e favorecendo a adaptabilidade do edifício. Em contrapartida, as instalações embutidas dificultam reparos, manutenção e substituição de componentes individuais. Portanto, recomenda-se priorizar o projeto de instalações prediais aparentes.

Alguns exemplos de instalações prediais aparentes são os sistemas de climatização AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado) com dutos de ar condicionado e ventilação exposta, muitas vezes em aço galvanizado; sistema de iluminação com luminárias pendentes, trilhos de *Light Emitting Diode* (LED) e fiações visíveis; tubulações de água e esgoto com tubos de PVC ou metal expostos nas paredes e tetos; sistema elétrico com fiações expostas em canaletas ou trilhos, com tomadas e interruptores visíveis; estrutura com vigas e colunas de aço ou concreto expostas que suportam o edifício; sistema de segurança com câmeras de segurança e sensores instalados de forma visível.

Ação 4.4. Elaborar e emitir um documento do Manual de Adaptabilidade

A investigação realizada em todas as fontes de dados do MVPE revelou a inexistência de um Manual de Adaptabilidade e de documentações como construído (*as-built*) para o

---

<sup>5</sup> Sistemas *Mechanical, Electrical and Plumbing* MEP em inglês ou mecânica, elétrica e hidráulica em português referem-se aos projetos de engenharia que definem a infraestrutura adequada para o funcionamento da edificação.

edifício escolar. Essa constatação é preocupante, pois, sem um Manual de Adaptabilidade, não há instruções claras e diagramas que orientem a adaptação do edifício a diferentes cenários futuros. Esse manual é de extrema importância, pois traria instruções claras e diagramas que orientariam a adaptação do edifício a diferentes cenários futuros.

Nessa perspectiva, recomenda-se a elaboração do Manual de Adaptabilidade e da documentação *as-built* para o edifício escolar. Essa providência irá garantir a segurança, acessibilidade, manutenção eficiente e conformidade legal do prédio.

### **Estratégia 5: Projetar para desmontagem.**

As recomendações desta estratégia estão em conformidade com Oliveira, Gonzalez e Kern (2024) que ressaltam a relevância dos projetos para desmontagem e desconstrução na economia circular, promovendo a reutilização dos componentes da construção e evitando resíduos, além de preservar o carbono dos produtos. O design voltado para a desmontagem busca reduzir desperdícios e aumentar a eficiência dos recursos, incentivando alternativas na fase de definição do projeto. Práticas como o uso de ligações reversíveis entre os elementos da superestrutura<sup>6</sup>; ter livre acesso a conexões reversíveis entre a estrutura e os serviços prediais e a emissão de um Manual de Desmontagem são essenciais para incorporar os princípios da circularidade nos projetos.

#### Ação 5.1. Desenvolver ligações reversíveis entre os elementos da superestrutura do edifício

A análise do projeto de arquitetura, do projeto estrutural e da Cartilha de Especificação Técnica revela que a superestrutura (pilares, vigas e lajes) e os envoltórios (paredes, janelas, revestimentos) do edifício escolar não foram projetados visando o desmonte. Essa constatação é evidente, pois os componentes da superestrutura e dos envoltórios não podem ser desmontados sem comprometer a estabilidade da edificação. Essa característica limita significativamente a flexibilidade e a adaptabilidade do edifício ao longo de sua vida útil.

Uma boa recomendação é priorizar a utilização de componentes pré-fabricados e passíveis de desmontagem. Como exemplo pode-se citar o uso de painéis de concreto pré-moldados, estrutura metálica pré-fabricada, divisórias internas pré-fabricadas, sistema de piso elevado. Essa solução projetual trará benefícios importantes, como a redução das emissões de carbono incorporado a longo prazo, a diminuição da extração de materiais a longo prazo, a possibilidade de reutilização futura de componentes de construção e a retenção do valor de cada ativo ao final da vida útil do edifício. Todas as ações da estratégia 5 terão esses mesmos

---

<sup>6</sup> Entende-se por superestrutura toda a parte da edificação visível, acima do solo. Subestrutura, portanto, é a base (as fundações) sobre a qual se ergue a superestrutura.

benefícios.

#### Ação 5.2. Permitir o acesso a conexões reversíveis entre a estrutura e os serviços prediais

O projeto do edifício escolar vertical não define claramente o acesso às ligações reversíveis entre a estrutura do edifício e os sistemas prediais (instalações elétricas, hidráulicas e de climatização). Essa constatação é evidente ao analisar os projetos de arquitetura, elétrico, hidrossanitário, cabeamento estruturado e estrutural. No entanto, observa-se que as instalações prediais projetadas no modo aparente (elétricas e cabeamento estruturado) apresentam maior acessibilidade para inspeção e manutenção, enquanto as instalações embutidas (hidrossanitárias e climatização) têm o acesso dificultado, pois requerem a quebra de alvenaria, o que prejudica o desmonte para reutilização.

É recomendável priorizar o projeto de instalações prediais com fácil acesso aos seus componentes. Essa solução trará benefícios importantes, como a diminuição de desperdícios de acabamentos e vedações, a possibilidade de substituição reversível de sistemas, a simplicidade para realizar intervenções sem comprometer a integridade da estrutura principal e a maior capacidade de adaptações futuras com menor impacto, aumentando a sustentabilidade e a longevidade do edifício.

#### Ação 5.3. Elaborar e emitir um Manual de Desmontagem para a edificação

Não há um documento que registre as estratégias de desmontagem da edificação escolar, conforme informações da GAPE-SEE/PE. A natureza do projeto do edifício escolar, pensado dentro dos padrões arquitetônicos e construtivos tradicionais, não incorpora a concepção de desmontagem. Ademais, a falta de registros *as-built* impede a gestão efetiva de ativos, pois não há informações sobre os materiais e tipos de conexões utilizados.

Recomenda-se a elaboração da documentação *as-built*, a fim de tornar a manutenção do edifício mais eficiente. Sugere-se, também, o desenvolvimento de um Manual de Desmontagem para os componentes que possam ser separados no modelo atual de projeto.

### **EIXO ESTRUTURANTE: III. CONSTRUIR COM EFICIÊNCIA**

#### **Estratégia 6: Recusar componentes desnecessários**

Gonçalves e Ribeiro (2022) afirmam que o uso adequado dos recursos naturais nas atividades humanas é crucial para a sustentabilidade dos sistemas. Para a escolha de materiais dentro de uma perspectiva de desenvolvimento sustentável, três condições são fundamentais: eficiência ambiental, aceitação social e viabilidade econômica. Assim, a recusa de componentes desnecessários se torna uma estratégia eficaz para evitar a repetição de

ambientes, eliminar espaços supérfluos e evitar acabamentos excessivos, utilizando critérios de projeto que maximizam o aproveitamento dos recursos naturais. As recomendações sugeridas estão alinhadas com os autores citados e com a estratégia 6, atendendo aos requisitos para recusar componentes desnecessários.

#### Ação 6.1. Recusar redundância em espaços e superestimar o número de funcionários

O número de salas de aula no MVPE é determinado pela SEE-PE com base na demanda e no número de vagas disponíveis para os alunos. Essa demanda projetada define o quadro de professores e funcionários para atender a escola. No entanto, algumas escolas passam por redundância em seus espaços, decorrente de variações na demanda de alunos, como dinâmica demográfica, fatores socioeconômicos, oferta educacional e fatores políticos e administrativos. Isso pode impactar no quadro de funcionários, levando a um número superestimado ou subestimado.

Nesse contexto, recomenda-se um monitoramento constante da demanda, adoção de soluções arquitetônicas e construtivas flexíveis, planejamento da expansão em etapas, revisão ágil do quadro de funcionários e integração da comunidade escolar no planejamento. Essa abordagem pode trazer benefícios, pois permite lidar de maneira mais eficiente com as flutuações na matrícula, otimizando a utilização dos espaços e dimensionando adequadamente o quadro de professores e funcionários.

#### Ação 6.2. Eliminar/reduzir a necessidade de estacionamento no local

O MVPE atende às normas municipais para a oferta de vagas mínimas, bem como vagas específicas para Pessoas com Deficiência (PDC), gestantes e idosas. O projeto define a implementação de um bicicletário, visando promover a mobilidade urbana. Entretanto, ao analisar o projeto arquitetônico, observa-se que o atendimento às normas municipais é o principal foco, tratando a mobilidade de forma discreta. Embora exista a previsão de um bicicletário, não há uma infraestrutura de apoio, como vestiários, que possa incentivar efetivamente o uso de transporte ativo.

Nesse sentido, recomenda-se a exploração de estratégias alternativas de mobilidade que possam diminuir a demanda por vagas de estacionamento no local. Seria importante estudar a integração com o transporte público, incentivar o uso de transporte alternativo e priorizar a acessibilidade, de modo a oferecer uma experiência mais abrangente e sustentável aos usuários da instituição. E outras iniciativas como: programa de carona compartilhada, transporte alternativo (vans e microônibus), campanhas de conscientização.

### Ação 6.3. Priorizar estratégias de manutenção passivas e simples em detrimento de estratégias excessivamente complexas

As instalações prediais do MVPE são projetadas por empresas terceirizadas. Durante a fase de dimensionamento desses projetos, observa-se que as empresas tendem a superestimar as cargas elétricas e de climatização, adotando o direcionamento de ajuste máximo ou mínimo das cargas de pico do sistema.

Nessa situação, sugere-se a adoção de medidas passivas de condicionamento do espaço (estratégias de projeto que aproveitam recursos naturais, como a iluminação, ventilação e temperatura, para tornar os ambientes mais confortáveis), as quais podem reduzir a necessidade de intervenção ativa (necessidade de sistemas mecânicos de climatização) e, conseqüentemente, a demanda por energia. São as seguintes medidas passivas de condicionamento do espaço recomendadas: isolamento térmico eficaz, ventilação natural e sombreamento (como brises e vegetação), telhados verdes e janelas com vidro duplo ou triplo, pavimentos reflexivos e um paisagismo estratégico.

Pode-se citar como exemplos de isolamento térmico eficaz a utilização de materiais isolantes sustentáveis nas paredes, tetos e pisos, como lã de vidro, lã de PET, cortiça. Para o sombreamento podem-se adotar brises de madeira ou alumínio, beirais e vegetação para bloquear a radiação solar direta e árvores plantadas estrategicamente. Para o telhado verde sugere-se cobertura com vegetação que ajuda a isolar e resfriar o edifício, como sistemas com camadas de solo e plantas nativas. Para janelas indica-se o emprego de múltiplas camadas de vidro (com espaçamentos preenchidos com gás argônio) que proporcionam melhor isolamento térmico e acústico. Para os pavimentos reflexivos pode-se especificar pisos com materiais que refletem a luz solar em superfícies externas, como pisos de concreto claro ou revestimentos reflexivos. E para o paisagismo estratégico propõe-se planejamento de áreas verdes que proporcionem sombra e resfriamento, como plantio de árvores de folhas largas ao redor do edifício.

Essas opções projetuais trazem como benefícios a diminuição do consumo energético e a utilização de equipamentos menores, com requisitos de espaço reduzidos.

### Ação 6.4. Recuse acabamentos sempre que possível

Os acabamentos internos do MVPE, em sua maioria, possuem diversas camadas. Tomando o revestimento cerâmico como exemplo, tem-se a seguinte composição: camada de emboço/chapisco, camada de argamassa colante, revestimento cerâmico e camada de rejunte. Essa decisão projetual de utilizar materiais com múltiplas camadas acaba por aumentar os

custos relacionados à mão de obra e financeiros.

Sugere-se a especificação de materiais sustentáveis, com menos camadas excessivas. Essa alternativa pode proporcionar uma economia considerável na quantidade de materiais empregados e redução de desperdícios, trazendo benefícios ao projeto. Alguns acabamentos sustentáveis que são facilmente encontrados no mercado incluem o piso de vinil ecológico, que é uma opção durável e de fácil manutenção, ideal para diversos ambientes. A tinta ecológica, com baixa emissão de substâncias químicas, contribui para um ambiente saudável e pode ser aplicada em várias superfícies. Os painéis de MDF (*Medium Density Fiberboard* ou Fibra de Média Densidade) ecológico, produzidos com madeira de reflorestamento e colas sem formaldeído, são perfeitos para móveis e divisórias. Para cobertura, as telhas de cerâmica ecológica, feitas com materiais sustentáveis, oferecem excelente desempenho térmico e durabilidade. Esses materiais promovem a sustentabilidade, bem como garantem qualidade e estética aos projetos.

### **Estratégia 7. AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO MATERIAL**

A construção modular, segundo Oliveira e Fagundes (2024), é uma estratégia crucial para aumentar a eficiência e sustentabilidade em projetos de construção, gerando economias de tempo e recursos. Os módulos adaptáveis oferecem diversas possibilidades arquitetônicas e são valiosos em todos os setores da construção. Produzidos em instalações controladas, garantem qualidade e eficiência, resultando em processos mais rápidos e com menor desperdício. Com o aumento da demanda por edificações rápidas, a construção modular se torna mais sofisticada, impulsionada por avanços como impressão 3D e métodos integrados, reduzindo custos e desperdício de materiais.

As características sobre emprego de recursos modulares anteriormente descritas constituem recomendações para aumentar a eficiência dos materiais, as quais incluem a redução de custos e do impacto ambiental, a execução rápida e eficiente, além da utilização de tecnologias avançadas e de produtos pré-fabricados. Essas alternativas estão em consonância com os princípios do paradigma circular e com a abordagem dos autores citados.

#### Ação 7.1. Evitar materiais intensivos em construções subterrâneas profundas e arranha-céus

O modelo vertical de edifício escolar adota mecanismos visando minimizar a necessidade de terraplenagem. Verificou-se que no projeto de terraplenagem os níveis do solo existente são aproveitados para a implantação do edifício, reduzindo a necessidade de aterro ou escavação desnecessária, o que se apresenta alinhado com a proposta de minimizar a intervenção no terreno.

Recomenda-se que a equipe de projeto continue a aproveitar os níveis do solo existente, a fim de promover uma melhor integração com o ambiente, reduzir custos e impacto ambiental, além de demonstrar comprometimento com a eficiência, sustentabilidade e respeito ao entorno. Essa iniciativa traz benefícios econômicos e ambientais, contribuindo para a qualidade do projeto como um todo.

Ação 7.2. Reduzir a intensidade de utilização de material na estrutura do edifício através de formas e técnicas estruturais eficientes em termos de material, tais como soluções híbridas e/ou compostas

A estrutura definida no MVPE adota um sistema modular com dimensões constantes de 3,88m x 7,70m e altura de 3,00m, utilizando concreto armado e lajes treliçadas com enchimento em *Expanded Polystyrene* (EPS). Verificou-se que o sistema estrutural modular não apresenta seções transversais desnecessariamente grandes, o que contribui para a redução do peso do sistema como um todo. E que esta solução é híbrida e/ou composta que pode permitir a obtenção de estruturas ainda mais leves e eficientes, contribuindo para a sustentabilidade, durabilidade e viabilidade econômica do projeto.

Embora essa solução estrutural híbrida seja adequada, é indicado aprimorar e avaliar alternativas estruturais mais eficientes, considerando a eficiência dos materiais empregados. Podemos citar o uso de aço reciclado que é durável e reduz a necessidade de extração de novos recursos. Ou utilização de concreto com propriedades isolantes, que ajudam a manter a temperatura interna, reduzindo necessidade de aquecimento e resfriamento.

Isso pode trazer benefícios significativos, como a redução do impacto ambiental, a otimização de recursos e a diminuição de custos.

Ação 7.3. Reduzir as dimensões dos componentes da estrutura do edifício através da seleção de materiais de alta resistência

O sistema estrutural do MVPE é híbrido, composto por colunas e vigas de concreto com lajes treliçadas, que oferece maior eficiência no uso de materiais e melhor desempenho.

A utilização desse sistema híbrido no MVPE atende aos requisitos necessários, sendo, portanto, recomendável. Os benefícios dessa solução incluem a rápida execução, devido à facilidade de manuseio, e a menor necessidade de fôrmas e escoramentos, gerando economia de tempo e mão de obra.

Ação 7.4. Utilizar práticas avançadas de engenharia para melhorar a eficiência material dos componentes estruturais e de envelopamento

No projeto estrutural é utilizada uma engenharia convencional, baseada em métodos e materiais tradicionais da engenharia civil. Utiliza materiais comuns, como concreto, aço e madeira, com execução realizada por meio de técnicas convencionais, como moldagem de concreto no local, soldagem de estruturas metálicas. No entanto, observa-se que, devido à falta de práticas avançadas de engenharia no desenvolvimento do MVPE, a eficiência dos materiais utilizados nos componentes da estrutura e acabamentos pode estar restrita.

Propõe-se considerar a adoção de práticas avançadas, embora possam demandar maiores investimentos iniciais e capacitação da mão de obra. Um exemplo é a utilização de tecnologia de modelagem e simulação, ferramenta que permite a análise precisa do comportamento estrutural e térmico, ajudando a otimizar o uso de materiais. É importante realizar uma análise cuidadosa da viabilidade e dos benefícios de longo prazo, a fim de justificar a adoção dessas práticas.

#### Ação 7.5. Reduzir o desperdício de materiais na produção e na construção através da pré-fabricação fora do local da estrutura do edifício e dos componentes do envelope

O MVPE não adota produtos pré-fabricados, conforme informado pela GAPE-SEE/PE. A falta de materiais e componentes pré-fabricados dificulta a rapidez e a facilidade na instalação, além de gerar maior quantidade de resíduos, como no caso da concretagem de vigas e pilares realizados diretamente na obra.

Nesse sentido, indica-se a utilização de materiais pré-fabricados para alcançar uma obra mais sustentável, que pode representar melhorias significativas no que diz respeito à diminuição de resíduo, aumento da rapidez e facilidade da produção e da construção, quando produzido fora do local da obra.

### **EIXO ESTRUTURANTE: IV. CONSTRUIR COM OS MATERIAIS CERTOS**

#### **Estratégia 8. REDUZIR O USO DE MATERIAIS VIRGENS E NÃO RENOVÁVEIS**

Para Oliveira e Souza (2024), o uso de materiais sustentáveis, ecológicos e inovadores na construção civil são essenciais para mitigar o impacto ambiental do setor. Materiais tradicionais, como telhas, tijolos e cerâmicas, geram significativos danos ambientais, desde a extração de matérias-primas até a emissão de gases de efeito estufa na produção. As alternativas que utilizam resíduos reciclados e biomateriais representam um passo importante na transformação da construção civil em uma área mais sustentável. Segundo os autores, essa prática reduz o uso de materiais virgens e não renováveis, contribui com opções renováveis, alinhando-se às ações de sustentabilidade, estratégia e ações para implementar o paradigma circular.

### Ação 8.1. Maximizar a utilização de componentes recuperados para todas as camadas de construção

De acordo com as informações fornecidas pela GAPE-SEE, não há uma prática estabelecida de utilização de materiais e componentes recuperados no MVPE. Essa ausência de reutilização de materiais não contribui para a redução do consumo de matérias-primas na construção de escolas.

Sugere-se a criação de uma documentação com a especificação de materiais e componentes reutilizados que podem ser adotados no MVPE. Essa medida traria benefícios como a redução de matérias-primas na edificação e a promoção do uso de produtos reutilizados e materiais reciclados.

### Ação 8.2. Utilizar concreto com alto teor secundário

Não há registros no MVPE que contemplem a utilização de concreto com alto teor secundário<sup>7</sup>. O concreto empregado segue a composição convencional (cimento, água, areia, britas e armadura de aço), de acordo com as normas vigentes. Portanto, não houve análise avaliativa da ação por não se utilizar o concreto de alto teor no MVPE.

Apesar de não haver a utilização de concreto de alto teor secundário no MVPE, é importante ressaltar a importância de empregar o concreto convencional de forma mais sustentável, minimizando os impactos ambientais e promovendo práticas construtivas mais responsáveis. Dessa maneira, é possível obter benefícios como eficiência energética, resistência, durabilidade, facilidade de moldagem, disponibilidade e custo acessível, além de resistência ao fogo e desgaste, isolamento térmico e acústico, e otimização do uso, reutilização e reciclagem.

### 8.3. Utilizar madeira processada (ou outros materiais de base biológica) em estruturas de edifícios

No MVPE, não há prescrição de madeira processada ou outros materiais de base biológica na estrutura projetada. Devido à ausência desses materiais, não foi realizada uma análise dessa ação.

O uso de madeira processada ou outros materiais biológicos na estrutura é complexo devido aos altos custos, à necessidade de seleção de materiais adequados e aos requisitos de

---

<sup>7</sup> Concreto com alto teor secundário geralmente se refere ao concreto que incorpora uma quantidade significativa de materiais suplementares ou secundários, como cinzas volantes, escórias de alto-forno ou sílica ativa. Esses materiais são subprodutos industriais que, quando adicionados ao concreto, podem melhorar suas propriedades e sustentabilidade.

controle de qualidade e mão de obra especializada. Dessa maneira, sua viabilidade de implementação no MVPE é restrita.

#### 8.4. Utilizar materiais de base biológica rapidamente renováveis para o conceito de design de interiores

O MVPE não contempla a utilização de materiais de base biológica no design de interiores. Em vez disso, são empregados materiais não renováveis, como plásticos sintéticos, metais, vidro, cerâmica, tintas e vernizes químicos, espumas, materiais isolantes sintéticos e selantes. A ausência de materiais de origem biológica no design de interiores aumenta o impacto ambiental e reduz o uso de matérias-primas renováveis.

Como alternativa, recomenda-se a adoção de materiais provenientes de fontes renováveis, com ciclos de crescimento curtos, priorizando fornecedores que adotem práticas sustentáveis em sua produção. É importante considerar a durabilidade, a manutenção e a procedência dos materiais utilizados. Essa ação pode trazer benefícios, como a promoção da sustentabilidade ambiental, a redução do consumo de energia e de emissões de CO<sub>2</sub>, a melhoria da saúde e do bem-estar dos ocupantes, a valorização da estética natural, o fomento à economia circular e a estimulação da inovação.

Ao desenvolver o MVPE, deve-se considerar o uso de materiais de base biológica no design de interiores. O piso de bambu, por exemplo, é ideal para áreas de circulação e salas de aula, proporcionando durabilidade e conforto. Para o revestimento de pisos, a cortiça é uma excelente escolha para salas de aula e bibliotecas, pois oferece isolamento acústico. O mobiliário em madeira de pinus é opção versátil e sustentável para mesas, cadeiras e armários nas salas de aula e áreas administrativas.

#### Ação 8.5. Reduzir o uso de matérias-primas críticas

Essa ação tem relação com a lista elaborada pela União Europeia, não se aplicando à análise do MVPE. Entretanto, a avaliação dos documentos de projeto revela a ausência de monitoramento e de metas para a redução do carbono incorporado no MVPE, resultando na falta de controle e de avaliação do impacto ambiental causado pelas emissões de carbono em todas as etapas do projeto.

Algumas recomendações para essa situação constam no detalhamento dessa ação: definir uma meta objetiva, realizar um levantamento inicial, priorizar materiais de baixa emissão, adotar práticas construtivas sustentáveis, integrar a meta no processo de projeto, monitorar o progresso e engajar a cadeia de suprimentos, visando alcançar a meta estabelecida. Os benefícios com a adoção dessa ação estão listados no CBT como a

diminuição do impacto ambiental, a redução das emissões de carbono, a melhoria da eficiência energética, a conformidade e o atendimento aos regulamentos, a otimização das especificações e do desempenho, a melhoria contínua, a redução dos custos ao longo do ciclo de vida, o aprendizado ao longo de projetos sucessivos e a diferenciação do empreendimento pelo compromisso com a sustentabilidade.

### **Estratégia 9. REDUZIR O USO DE MATERIAIS INTENSIVOS EM CARBONO**

De acordo com Appel, Punhagui e Rebelato (2024), a desmaterialização é uma abordagem que visa reduzir o consumo de materiais e a geração de resíduos por unidade funcional, mantendo o desempenho estabelecido, e pode ser uma estratégia eficaz para descarbonizar o setor de AECO. Apontam que estudos ressaltam a importância da desmaterialização na diminuição do desperdício e no aumento da produtividade, embora sua implementação exija uma mudança de mentalidade na indústria e um enfoque em processos sistemáticos.

As estratégias de desmaterialização em edificações incluem a otimização do design e o melhor aproveitamento dos materiais, promovendo a economia circular e o reaproveitamento de resíduos. Dessa forma, a redução do uso de materiais intensivos em carbono deve considerar ações que monitoram a pegada de carbono incorporada em todas as etapas do projeto, desde a estrutura até os componentes da edificação.

As ações de 9.1 a 9.5 tratam de práticas relacionadas ao controle da pegada de carbono e não fazem parte das preocupações projetuais dos modelos desenvolvidos pela SEE-PE. Entretanto, essa desatenção resulta na falta de controle e avaliação do impacto ambiental causado pelas emissões de carbono nas ações mencionadas. Em conformidade com Appel, Punhagui e Rebelato (2024) e a estratégia 9, buscaram-se recomendações para assegurar a redução do uso de materiais intensivos em carbono.

#### Ação 9.1. Acompanhar a pegada de carbono incorporado durante o projeto e definir uma meta global ambiciosa de carbono incorporado para o projeto

Algumas recomendações para essa situação constam no detalhamento dessa ação: definir uma meta objetiva, realizar um levantamento inicial, priorizar materiais de baixa emissão, adotar práticas construtivas sustentáveis, integrar a meta no processo de projeto, monitorar o progresso e engajar a cadeia de suprimentos, visando alcançar a meta estabelecida.

Os benefícios serão a diminuição do impacto ambiental, a redução das emissões de carbono incorporado, a melhoria da eficiência energética, a conformidade e o atendimento aos

regulamentos, a otimização de especificações e desempenho, a melhoria contínua, a redução de custos ao longo do ciclo de vida, o aprendizado ao longo de projetos sucessivos e a diferenciação do empreendimento pelo compromisso com a sustentabilidade.

Esses benefícios são os mesmos para as ações 9.2 a 9.5.

Ação 9.2. Acompanhar a pegada de carbono incorporado da estrutura do edifício e definir um objetivo inferior aos limiares recomendados ao nível regional

Recomenda-se estabelecer um sistema de monitoramento e reporte periódico das emissões associadas aos materiais e processos construtivos, permitindo ajustes e melhorias contínuas ao longo das diferentes etapas de execução.

Ação 9.3. Acompanhar a pegada de carbono incorporado da envolvente do edifício e definir um objetivo inferior aos limiares recomendados a nível regional.

O sistema de envelope do edifício utiliza grandes quantidades de materiais intensivos em carbono, como cerâmicas e tijolos, prejudicando a identificação de melhorias sustentáveis, o cumprimento de requisitos normativos e a transparência sobre seu desempenho.

Diante disso, recomenda-se realizar um levantamento detalhado da pegada de carbono incorporado, estabelecer metas de redução, priorizar materiais de baixo impacto, adotar práticas logísticas eficientes, engajar fornecedores, monitorar periodicamente as emissões e integrar a avaliação do ciclo de vida ao processo de entrega do edifício.

Ação 9.4. Acompanhar a pegada de carbono incorporado dos sistemas de construção e estabelecer um objetivo inferior aos limiares recomendados a nível regional.

O sistema construtivo existente é tradicional e utiliza materiais com elevada pegada de carbono, como metais (janelas, corrimões, grades, portões etc.), plásticos (forros, mobiliários,) vidros, cimento, cerâmica.

Orienta-se realizar acompanhamento da pegada de carbono incorporada aos sistemas de construção do edifício. Isso envolve avaliar as emissões de gases de efeito estufa associadas à fabricação, transporte, instalação e uso dos equipamentos, sistemas e materiais que compõem os subsistemas de construção.

Ação 9.5. Acompanhar a pegada de carbono incorporado dos componentes de adaptação dos edifícios e estabelecer um objetivo inferior aos limiares recomendados a nível regional.

Considera-se que, mesmo na ausência de componentes de adaptação, acompanhar e gerenciar a pegada de carbono dos materiais e processos construtivos de forma sustentável é

necessário. Isso envolve medir a pegada de carbono, adotar estratégias sustentáveis, definir metas e monitorar, a fim de tomar decisões informadas.

Ação 9.6. Projetar para o gerenciamento digital da informação e fornecer informações suficientes para a ACV.

Os projetos do MVPE não são desenvolvidos em ambiente 3D, nem há criação de gêmeo digital<sup>8</sup> para acompanhar o desempenho durante a operação. Também não é realizada Análise do Ciclo de Vida (ACV), contabilizando o valor recuperável futuro. Essa informação, coletada na GAPE\_SEE, indica que a ausência de um nível detalhado de informações não é suficiente para informar dados e cálculos da pegada de carbono incorporada.

Recomenda-se a realização da ACV para avaliar o desempenho de carbono do projeto e possibilitar a identificação de materiais intensivos em carbono, para possibilitar a confiabilidade e precisão dos resultados.

### **Estratégia 10. EVITAR MATERIAIS PERIGOSOS/POLUENTES**

Moises (2022) destaca que a sustentabilidade se tornou um paradigma central nos negócios do século XXI, sendo promovida por líderes corporativos e governos como solução para problemas globais, incluindo a geração de resíduos perigosos. A construção civil, um dos maiores responsáveis pela poluição ambiental, enfrenta desafios relacionados à fabricação, ao transporte e ao descarte inadequado de resíduos. A correta destinação desses materiais é vital para o reaproveitamento, pois a falta de separação nos canteiros de obras dificulta a reciclagem e aumenta os riscos de contaminação. Portanto, é essencial desenvolver métodos de projeto que reduzam os impactos ambientais negativos e promovam a sustentabilidade na construção civil, visando a eliminação de materiais perigosos e poluentes. As recomendações citadas no trabalho buscam soluções adequadas para proteger a sociedade e o planeta e estão em conformidade com a referência e estratégia.

As ações de 10.1 a 10.5 têm como objetivo evitar ou reduzir o uso de materiais, produtos químicos e elementos perigosos/poluentes. No entanto, as atividades projetuais dos modelos elaborados pela SEE-PE não contemplam precauções relacionadas a essa questão. Essa falta de cuidados gera impactos negativos tanto na saúde humana quanto no meio ambiente.

---

<sup>8</sup> Gêmeo Digital (*Digital Twin* - DT) refere-se à cópia virtual ou modelo de qualquer entidade física (gêmeo físico), ambos interconectados por meio de troca de dados em tempo real. Conceitualmente, um DT imita o estado de seu gêmeo físico em tempo real e vice-versa. A aplicação do DT inclui monitoramento em tempo real, design/planejamento, otimização, manutenção, acesso remoto, etc. (Singh *et al*, 2021)

Ação 10.1. Rastrear todos os impactos ambientais durante o projeto por meio de ACV detalhada, não apenas carbono, e definir uma meta ambiciosa para o projeto geral (todas as camadas, incluindo vida útil e funcional realista dos componentes)

Não é possível definir metas ambientais, nem monitorar o desempenho do MVPE durante todo o seu ciclo de vida.

Os benefícios para aplicação dessa ação incluem uma visão global do ciclo de vida, a definição de metas ambientais mensuráveis, o monitoramento do desempenho ao longo do ciclo de vida, a identificação de oportunidades de melhoria, a comparação de alternativas construtivas e o atendimento a requisitos e certificações ambientais.

Ação 10.2. Garantir que os materiais e produtos de construção não estejam na "Lista Vermelha do *Living Building Challenge* (LBC)".

Sem essa lista, fica impossível identificar os sérios riscos à saúde humana. Entretanto, a disseminação desta lista é limitada em países em desenvolvimento, devido a desafios como disponibilidade de alternativas, custo e conscientização sobre o tema.

Uma sugestão seria a elaboração de uma lista específica de materiais, produtos químicos e elementos a serem evitados no projeto, pois essa lista traria diversos benefícios. Com essa lista, seria possível reduzir os impactos ambientais, promover a saúde e o bem-estar dos ocupantes, estimular a inovação e a sustentabilidade no setor da construção, atender a padrões de sustentabilidade, além de conscientizar e engajar profissionais e a sociedade sobre a importância de escolhas de materiais mais saudáveis e ambientalmente responsáveis.

Ação 10.3. Usar equipamentos elétricos no local para reduzir o uso de máquinas movidas a combustíveis fósseis no local, para, por sua vez, reduzir o impacto das emissões de nitrogênio, poluição e material particulado na área.

Na construção do MVPE são utilizados equipamentos como trator de esteira, rolo compactador, caminhão basculante e betoneira. Esses equipamentos não elétricos causam aumento das emissões de nitrogênio, poluição e material particulado na área.

Indica-se a preferência por equipamentos elétricos para reduzir o impacto das emissões de nitrogênio, poluição e material particulado. Essa medida levaria a benefícios como a redução das emissões de gases de efeito estufa, eficiência energética, menor poluição sonora, versatilidade e flexibilidade, além de alinhamento com tendências de sustentabilidade.

Ação 10.4. Evitar o uso de materiais perigosos/poluentes nos serviços no interior da edificação.

Um exemplo de material perigoso ou poluente utilizado no interior do edifício escolar é a espuma de poliuretano, indicada nos assentamentos de grades de porta. Esse elemento encontra-se discriminado na Cartilha de Especificação Técnica. O uso desse tipo de material pode causar impacto negativo à saúde humana e ao clima.

Dessa forma, recomenda-se a realização de pesquisa e seleção de materiais, priorizando produtos que atendam a padrões de segurança e sustentabilidade. Essa medida traria benefícios como melhoria da qualidade do ar interno, a proteção da saúde dos trabalhadores, a conformidade com as normas e regulamentos, além da valorização do empreendimento.

#### Ação 10.5. Evitar o uso de materiais perigosos/poluentes no espaço.

Existem materiais nas especificações de projeto considerados perigosos ou poluentes, como neoprene, verniz e solvente, e não há advertência para tomar os cuidados necessários no local, o que pode provocar danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Dessa maneira, recomenda-se a busca por alternativas de baixo impacto ambiental, como materiais de construção certificados como livres de substâncias tóxicas ou prejudiciais à saúde. Essa ação proporcionaria benefícios como despoluição do ar interior, a adequação às normas e regulamentos, salvaguarda da saúde dos colaboradores.

#### Ação 10.6. Gerir os riscos de materiais antigos nos edifícios existentes

Este item não se aplica, pois o projeto da edificação escolar vertical é para novas construções, não sendo possível avaliar materiais legados nos edifícios existentes.

### **Estratégia 11. PROJETAR PARA A NATUREZA**

O eco-design, conforme afirmam Costa e Borges (2024), é uma das principais estratégias para projetar em harmonia com a natureza, visando minimizar os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida dos produtos e promovendo a eco-inovação e a circularidade inspirada nos processos naturais. As recomendações propostas para essa estratégia alinham-se com os autores e incluem ações como o levantamento do habitat local e dos ecossistemas, o aumento do valor ecológico da área, a gestão circular dos recursos municipais, soluções baseadas na natureza e o uso eficiente e circular da água. Essas indicações fundamentam-se na estratégia 11 e em suas ações, propondo o eco-design como uma solução inovadora.

Considera-se que a concepção projetual do MVPE não incorpora as ações definidas na estratégia 11. Portanto, uma análise mais aprofundada das contribuições que trariam ao

projeto tornou-se limitada. Contudo, discutir-se-ão as ações a partir de algumas observações.

#### Ação 11.1. Documentar o habitat local e ecossistemas

O MVPE se concentra exclusivamente em aspectos estéticos e funcionais, desconsiderando a importância da integração com o ambiente. A ausência de um estudo sobre o contexto ecológico impede que o projeto contribua para a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais, refletindo uma atitude que prioriza a construção em detrimento da harmonia com o meio ambiente.

A recomendação para essa ação é priorizar a harmonia com o meio ambiente em detrimento da construção. Essa ação pode trazer benefícios como auxiliar na compreensão das interações ecológicas e na gestão sustentável dos recursos naturais.

#### Ação 11.2. Projetar para aumentar o valor ecológico do local

Em vez de integrar elementos que favoreçam a biodiversidade, como áreas verdes, telhados verdes ou sistemas de captação de água da chuva, o projeto do MVPE se limita a atender necessidades funcionais e estéticas imediatas. Essa ação resulta em uma desconexão com o ambiente natural, contribuindo para a degradação dos recursos locais e reduzindo a resiliência ecológica da área. Ao negligenciar a importância de aumentar o valor ecológico, o projeto falha em enriquecer o ecossistema, comprometendo o potencial de criar um espaço que beneficie tanto os usuários quanto o meio ambiente.

Propõe-se o aumento do valor ecológico do local com estratégias de sustentabilidade e preservação ambiental. Seus benefícios compreendem preservação da biodiversidade, melhoria da qualidade do ar e da água, e maior resiliência às mudanças climáticas. Além de valorizar imóveis e atrair investimentos, esse enfoque promove a conscientização ambiental e fortalece a conexão da comunidade com o meio ambiente.

#### Ação 11.3. Promover um uso eficiente e circular da água

Ao ignorar práticas fundamentais de gestão hídrica, como a captação e reutilização de água da chuva, sistemas de irrigação sustentáveis e tecnologias de economia de água, resulta em desperdício significativo de recursos hídricos, exacerbando problemas como a escassez de água em regiões já vulneráveis. Acrescente-se que a falta de um planejamento adequado pode levar ao aumento da demanda sobre os sistemas de abastecimento, sobrecarregando as infraestruturas existentes e contribuindo para a degradação dos ecossistemas locais.

Promover o uso eficiente e circular da água com práticas de gestão hídrica é a recomendação para essa ação. podendo trazer benefícios como redução do desperdício,

conservando recursos hídricos e diminuindo custos operacionais. Essa prática preserva ecossistemas aquáticos, melhora a qualidade da água e aumenta a resiliência em períodos de escassez, além de incentivar a conscientização sobre a gestão hídrica na comunidade.

#### Ação 11.4. Projetar para gestão circular de resíduos municipais

A falta de atuação na gestão de resíduos resulta em um aumento na geração de resíduos sólidos, contribuindo para a sobrecarga dos sistemas de coleta e disposição final. A ausência de procedimentos para o manejo adequado dos resíduos pode levar à contaminação do solo e da água, além de impactar negativamente a saúde pública e o meio ambiente. E a inexistência de um plano de gestão de resíduos impede que o projeto contribua para uma economia circular, que visa maximizar o valor dos materiais e minimizar o desperdício. Assim, o projeto compromete a sustentabilidade ambiental, como também ignora oportunidades de inovação e eficiência que poderiam beneficiar a comunidade local. Identificou-se no edifício escolar apenas um depósito de “lixo” para armazenar temporariamente os resíduos sem a separação dos resíduos sólidos e orgânicos para a prefeitura fazer a coleta.

A recomendação proposta para o MVPE é a implementação de práticas que promovam a redução, reutilização e reciclagem de materiais. Os benefícios gerados podem ser a redução do volume de lixo enviado a aterros, promovendo a reciclagem e o reaproveitamento de materiais. Isso diminui a poluição e os impactos ambientais, além de economizar recursos naturais. A gestão circular também cria oportunidades econômicas, gerando empregos em setores de reciclagem e compostagem, promovendo a conscientização da comunidade sobre a importância da redução de resíduos, incentivando práticas sustentáveis e a responsabilidade ambiental.

#### Ação 11.5. Projetar com soluções inspiradas na natureza

As concepções projetuais adotados no MVPE são convencionais e não aproveitam a eficiência e a resiliência dos sistemas naturais, o que compromete a otimização de recursos, a eficiência energética e a promoção da biodiversidade, além de criar um espaço menos agradável e saudável para os usuários. Assim, o projeto perde a oportunidade de atender às necessidades humanas enquanto respeita e integra os princípios ecológicos.

É fundamental incorporar soluções inspiradas na natureza e alinhar-se aos princípios biomiméticos como recomendação. Essa abordagem oferece benefícios significativos, como a melhoria da eficiência energética e hídrica, contribuindo para a criação de ambientes mais sustentáveis.

Conforme ressaltado por Leal (2023), a análise revelou que é possível realizar intervenções em diversas etapas do ciclo de vida. No entanto, a fase de projeto oferece um vasto leque de oportunidades, especialmente no que se refere a ações voltadas para a redução do uso de matérias-primas. A implementação do paradigma circular influencia positivamente a mitigação das mudanças climáticas e a prevenção do desperdício. As lições extraídas dos autores são extremamente valiosas para a SEE e os projetistas, que poderão aprofundar suas reflexões sobre as ações a serem adotadas no MVPE e nas diferentes fases do ciclo de vida do edifício. Nesse contexto, identificou-se um amplo espectro de possibilidades que podem ser aplicadas ao MVPE, destacando-se os materiais como um elemento estratégico para os projetos.

#### 4.3 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Na análise do MVPE por meio da CBT, foi observado que o modelo não atende plenamente aos princípios do design para a circularidade, embora incorpore algumas ações pontuais. Isso evidencia a necessidade de que a SEE-PE e os profissionais da área integrem a circularidade em seus projetos. As propostas mais viáveis estão, em sua maioria, relacionadas à eficiência, adaptabilidade, flexibilidade e durabilidade. Esses aspectos estão alinhados com as contribuições dos autores Sá *et al.* (2023), Azevedo, Sanches e Pinheiro (2022), Kinguari (2024), Dams *et al.* (2021), Oliveira, Gonzalez e Kern (2024), Gonçalves e Ribeiro (2022), Oliveira e Fagundes (2024), Oliveira e Souza (2024), Appel, Punhagui e Rebelato (2024), Moises (2022) e Costa e Borges (2024).

Neste tópico, serão apresentadas as discussões referentes aos resultados obtidos, enfatizando sua relação com as propostas de alterações no MVPE para promover uma maior inserção do paradigma circular. Para garantir uma análise clara e organizada, as discussões foram estruturadas em torno de cada uma das estratégias da CBT.

##### **Estratégia 1: Recusar novas construções desnecessárias**

Foi visto que a Secretaria recebe terrenos destinados a novas construções, o que inviabiliza essa estratégia. No entanto, é fundamental discutir essa questão para enfrentar desafios como a escassez de terrenos. A limitação de terrenos na área urbana resulta na oferta de imóveis distantes da comunidade que necessita de educação, e esses locais frequentemente carecem de infraestrutura adequada, como eletricidade, água, esgoto, transporte, internet e segurança. Portanto, levar em conta a presença de edifícios já existentes que satisfaçam aos

requisitos escolares se mostra uma alternativa que envolve três princípios da sustentabilidade: ambiental, econômico e social.

O resultado obtido com a análise não está em sintonia com o estudo de Sá *et al.* (2023), que ressalta a relevância da Economia Circular como um caminho eficaz para diminuir a necessidade de novas construções, ajudando para a preservação de recursos limitados e a diminuição da perda de energia. Essa prática favorece um desenvolvimento sustentável ao conectar os ciclos de vida de produtos, materiais e recursos, permitindo sua reutilização, recuperação ou reciclagem, com o objetivo de maximizar seu valor.

### **Estratégia 2: Aumentar a utilização do edifício**

Como visto, essa estratégia propõe aumentar a utilização do edifício por meio da aplicação de espaços multiuso, permitindo diversas configurações e requisitos, além de um layout adaptável que suporte essa versatilidade.

Essas ações são restritas no MPVE, pois não se definem, na fase de projeto, espaços multiusos. O programa arquitetônico é específico para utilização educacional, as configurações das instalações prediais não são projetadas para vários usos e o layout é específico para um uso pré-determinado. Assim, o MPVE não atende às ações estabelecidas nessa estratégia.

Para otimizar a utilização dos espaços no edifício escolar é fundamental considerar aspectos como flexibilidade e adaptabilidade, além de promover a circularidade na gestão do edifício. Isso implica em projetar ambientes que possam ser facilmente reconfigurados e reutilizados, garantindo que os recursos sejam aproveitados de maneira eficiente e sustentável ao longo do tempo. Um bom design de edifício deve ser compreendido como um processo em constante evolução, e não como uma proposta finalizada.

Os resultados na análise dessa estratégia contradizem o estudo de Azevedo, Sanches e Pinheiro (2022), que indicam que o sistema *drywall* é ideal para ambientes multiuso e layouts flexíveis, proporcionando qualidade, durabilidade e versatilidade quando comparáveis à alvenaria tradicional. O *drywall* permite a integração com sistemas elétricos e hidráulicos, promove agilidade na montagem e diminui a geração de resíduos, garantindo conforto térmico e acústico, além de suporte adequado a pesos. Essa alternativa construtiva facilita a execução de obras, diminui a necessidade de mão de obra especializada, diminui a geração de resíduos e os custos, e contribui para a reconfiguração dos espaços.

### **Estratégia 3: Projetar para Longevidade**

As principais ações para projetar para a longevidade são: adaptação às mudanças climáticas; modulação com geometria simples; adoção de sistema de produto-como-serviço; durabilidade das estruturas; manutenção da vida útil dos sistemas, produtos e materiais, avaliação do ciclo de vida do edifício e passaporte de materiais de construção para o projeto.

No MVPE a adaptação climática futura é pouco explorada. Medidas como isolamento térmico, climatização e sombreamento são pouco adotadas, e não há uso de materiais sustentáveis nem integração de energia renovável, como painéis solares. A captação de água da chuva e o paisagismo com vegetação nativa também estão ausentes. Isso evidencia a falta de preparação do MVPE para um design adaptado, comprometendo sua sustentabilidade e resiliência às mudanças climáticas.

A ação de modulação com geometria simples está presente no MVPE. A estrutura do edifício é modular e possui formato retangular, o que facilita reformas e ampliações futuras. Contribuindo para a redução de custos na construção e facilitando a manutenção e a substituição de componentes. A durabilidade da estrutura do MVPE é em parte assegurada pelo uso de materiais de alta resistência, como o concreto, mas não há um plano de manutenção previsto para prolongar sua vida útil. A aplicação de aditivos como superplastificantes e inibidores de corrosão, poderia melhorar a resistência à água, à corrosão e à retração, contribuindo para essa durabilidade.

A adoção de sistemas de produto-como-serviço ainda não foi implementada no MVPE, mas equipamentos como climatização por ar-condicionado tipo *split* e a iluminação artificial têm potencial para isso. Esses equipamentos, com ciclo de vida reduzido, poderiam se beneficiar do modelo, promovendo responsabilidade compartilhada e contribuindo para a redução de resíduos.

A longevidade do edifício é comprometida pela falta de manutenção preventiva adequada e cuidados constantes. Essa incompatibilidade entre a vida útil dos sistemas, materiais e produtos com a vida útil do edifício resulta em substituições prematuras e desperdício.

A análise revelou que não há uma avaliação do ciclo de vida do edifício, o que gera custos de manutenção e de operação superiores ao esperado. Se a avaliação do ciclo de vida do edifício fosse realizada na fase de projeto, seria possível reduzir os custos operacionais e de manutenção.

A falta de Passaporte de Materiais de Construção no MVPE implica em grande parte do desconhecimento das características e informações dos materiais especificados no projeto

da edificação e utilizados na construção. Esse documento facilitaria a gestão e a manutenção do edifício durante sua vida útil.

Embora o MVPE tenha abordado de forma parcial a estratégia de projetar para a longevidade, seus resultados não estão alinhados com o que Kinguari (2024), afirma ser fundamental para assegurar a eficácia no uso dos recursos naturais e um impacto positivo no meio ambiente. Isso implicaria na inovação de materiais e a procura por produtos e serviços com menor impacto ambiental, diminuindo o uso de materiais e ampliando seu valor ao final da vida útil. O pilar "durabilidade e reparabilidade" ressaltam a importância de criar produtos duradouros, proporcionando orientações sobre sua manutenção e programas de reparo, remodelação, reutilização e reciclagem. O conceito de "produto como serviço" propõe tecnologias que assegurem produtos operando em alto desempenho por mais tempo, enquanto o pilar "opções para o fim de vida" estimula o design para a reciclagem, priorizando materiais de fácil reciclagem e maior durabilidade.

#### **Estratégia 4: Projetar para Adaptabilidade**

Para projetar para adaptabilidade são necessárias as seguintes ações: compatibilidade da estrutura e do layout para atender a diversos usos futuros; alterações nas fachadas para adequar a mais de um uso; modificações nos sistemas MEP; e manual de adaptabilidade.

O MVPE não considera a adaptabilidade como estratégia de ação, não apresentando essa intenção projetual, verificada, por exemplo, nos parâmetros estruturais que impossibilitam atender a diversas tipologias de layout. As fachadas apresentam vedações que não permitem fáceis modificações nos revestimentos e aberturas, com materiais pouco flexíveis e não desmontáveis. Os sistemas MEP em sua maioria são projetados de forma tradicional, permitindo pouco acesso a futuras manutenções, com inexistência de manual de adaptabilidade que promova a segurança, acessibilidade, manutenção eficiente e conformidade legal do prédio. Nessa situação, o MVPE precisa de implementação eficaz do sistema de gerenciamento de ativos, uma vez que não há informações precisas sobre os materiais e tipos de conexões utilizados.

Essas constatações não condizem com as ideias de Dams *et al.* (2021), que defendem que projetar para a adaptabilidade está diretamente ligado à preparação de um edifício para o futuro. Essa estratégia pode ser vista como um design que possibilita a reconfiguração ou transformação de uma construção para acomodar mudanças ao longo de sua vida útil, diminuindo o risco de demolição devido à obsolescência econômica, social ou funcional. Nesse cenário, edifícios mais adaptáveis tendem a ter uma vida útil mais longa, demorando

mais para se tornarem obsoletos. Assim, a adaptabilidade não só favorece a sustentabilidade dos recursos, mas também promove uma economia mais eficiente, evitando desperdícios e prolongando a relevância das edificações no ambiente urbano. Portanto, considerar a adaptabilidade no design arquitetônico é uma estratégia crucial para enfrentar os desafios atuais e futuros na construção civil.

### **Estratégia 5: Projetar para desmontagem**

Promover ligações reversíveis entre os elementos da superestrutura do edifício, permitir acesso a conexões entre a estrutura e os serviços prediais e elaborar um manual de desmontagem para a edificação, são as ações para projetar para desmontagem.

A superestrutura (pilares, vigas e lajes) e os envoltórios (paredes, janelas, revestimentos etc.) do MVPE não foram concebidos para permitir o desmonte. Essa configuração limita a flexibilidade e a adaptabilidade do edifício, uma vez que os componentes da superestrutura e dos envoltórios não podem ser removidos sem comprometer a estabilidade ou a qualidade da edificação.

O acesso às ligações reversíveis entre a estrutura do edifício e os sistemas prediais (hidráulicas e de climatização) não são aparentes, o que dificulta a manutenção e futuras modificações. Em contrapartida, as instalações elétricas e de cabeamento estruturado do MVPE são aparentes e oferecem maior acessibilidade para inspeção e manutenção, evitando a necessidade de quebra de alvenaria, o que prejudica o desmonte para reutilização dos componentes.

A ausência de um manual de desmontagem do MVPE reflete não surpreende, visto que não houve intenção projetual relacionada a essa característica. De qualquer modo, alguns elementos da edificação são passíveis de desmontagem, e a existência de alguma orientação sobre os tipos de materiais e de conexões utilizados, poderia contribuir para um desmonte parcial.

Como a maioria dos resultados encontrados com a análise da presença da estratégia 5 não está em sintonia com o projetar para desmontagem, observa-se desacordo com Oliveira, Gonzalez e Kern (2024), que enfatizam a importância de projetos voltados para desmontagem e desconstrução no paradigma circular, promovendo a reutilização dos componentes da construção, evitando resíduos e preservando o carbono dos produtos. O design focado na desmontagem visa reduzir desperdícios e aumentar a eficiência dos recursos, estimulando alternativas na concepção do projeto. Ações como o uso de conexões reversíveis entre os elementos da superestrutura, o acesso facilitado a ligações reversíveis entre a estrutura e os

serviços prediais, além da emissão de um Manual de Desmontagem, são fundamentais para integrar os princípios da circularidade nos projetos.

### **Estratégia 6: Recusar componentes desnecessários**

Essa estratégia da CBT apresenta ações como recusar componentes desnecessários, eliminar ou reduzir a necessidade de estacionamento no local, priorizar estratégias de manutenção passivas e evitar acabamentos sempre que possível.

A demanda de alunos determina o número de salas de aula no MVPE, afetando conseqüentemente o quadro de professores e funcionários. Variações na demanda de alunos causam redundância nos espaços e estimativas imprecisas de pessoal. Um projeto baseado em arquitetura flexível permitiria planejar expansão em etapas, revisar o quadro de funcionários de forma ágil e integrar a comunidade escolar no planejamento.

O MVPE não considera a redução da necessidade de estacionamento, oferecendo apenas um bicicletário para usuários desse modal. O estacionamento é projetado para atender às normas municipais, incluindo vagas para pessoas com deficiência, gestantes e idosos, sem intenção de abarcar conexões com o transporte público ou incentivar alternativas de mobilidade. Esse tipo de abordagem projetual limita a acessibilidade e uma experiência mais sustentável para os usuários.

Os projetos de instalações prediais do MVPE são elaborados por empresas terceirizadas que frequentemente superestimam os dimensionamentos. Medidas passivas como isolamento térmico eficaz, ventilação natural, sombreamento (como brises e vegetação), telhados verdes e janelas com vidro duplo ou triplo, pavimentos reflexivos e um paisagismo estratégico, poderiam reduzir a necessidade de intervenções ativas.

Os acabamentos internos do MVPE utilizam diversas camadas, o que aumentam os custos com a mão de obra e materiais. A adoção de materiais com menos camadas poderia reduzir significativamente os custos e desperdícios, beneficiando o projeto.

Os resultados obtidos na análise dessa estratégia não apresentam conformidade com as declarações de Gonçalves e Ribeiro (2022), que argumentam que o uso apropriado dos recursos naturais nas atividades humanas é essencial para a sustentabilidade dos sistemas. Ao selecionar materiais com uma abordagem de desenvolvimento sustentável, três condições são fundamentais: eficiência ambiental, aceitação social e viabilidade econômica. Dessa forma, a eliminação de componentes desnecessários se revela uma estratégia eficaz para evitar a repetição de ambientes, eliminar espaços desnecessários e reduzir acabamentos excessivos, aplicando critérios de projeto que otimizam o uso dos recursos naturais.

### **Estratégia 7: Aumentar a eficiência do material**

A estratégia menciona ações como evitar materiais intensivos em construções subterrâneas profundas e arranha-céus; reduzir o uso de material na estrutura com formas e técnicas eficientes, como soluções híbridas ou compostas; diminuir as dimensões dos componentes estruturais com materiais de alta resistência; aplicar práticas avançadas de engenharia para melhorar a eficiência material dos componentes estruturais e de envelopamento; e reduzir o desperdício de materiais por meio da pré-fabricação fora do local da construção.

O MVPE não é uma construção subterrânea profunda nem um aranha-céu, mas está alinhado com essa ação ao evitar materiais intensivos em sua fundação. Durante a fase de projeto, a proposta é aproveitar os níveis do terreno, reduzindo a necessidade de aterro ou escavação desnecessária.

O sistema estrutural do modelo, composto por colunas e vigas de concreto e lajes treliçadas, proporciona maior eficiência no uso de materiais e um desempenho superior. Facilita o manuseio e reduz a necessidade de fôrmas e escoramentos, resultando em economia de tempo e mão de obra.

A estrutura do MVPE é modular e híbrida, utilizando concreto armado e lajes treliçadas com enchimento em *Expanded Polystyrene* (EPS). Sua modulação transversal evita grandes vãos, o que contribui para a redução do peso do sistema, caracterizando-se por formas e técnicas eficientes.

O projeto estrutural adota um procedimento convencional, fundamentado em métodos e materiais tradicionais da engenharia civil. O emprego de materiais como concreto, aço e madeira é frequente, com técnicas que incluem a moldagem de concreto no local e a soldagem de estruturas metálicas. Essa abordagem utilizada na construção do MVPE resulta em um consumo excessivo de recursos, geração significativa de resíduos, emissões de carbono elevadas e ineficiência energética.

A falta de materiais e componentes pré-fabricados compromete a agilidade e a simplicidade na instalação, resultando também em um aumento na geração de resíduos. Isso é evidente, por exemplo, na concretagem de vigas e pilares que ocorre diretamente no local da construção. Esse procedimento retarda o processo e contribui para um desperdício maior de materiais.

A avaliação do emprego da estratégia 7 no modelo analisado, não atende às orientações de Oliveira e Fagundes (2024), que destacam a relevância da construção modular como uma estratégia fundamental para melhorar a eficiência e a sustentabilidade em projetos

de construção, promovendo economias de tempo e recursos. Os módulos adaptáveis oferecem uma ampla gama de possibilidades arquitetônicas e são importantes em todos os segmentos da construção. Fabricados em ambientes controlados, esses módulos asseguram qualidade e eficiência, resultando em processos mais ágeis e com menor desperdício. Com a crescente demanda por edificações rápidas, a construção modular está se tornando cada vez mais avançada, estimulada por inovações como impressão 3D e abordagens integradas, resultando na diminuição de custos e na redução do desperdício de materiais.

### **Estratégia 8. Reduzir o uso de materiais virgens e não renováveis**

As ações propostas para reduzir o uso de materiais virgens e não renováveis são: utilizar componentes recuperados; utilizar concreto com alto teor secundário; utilizar madeira processada em estrutura; utilizar materiais de base biológica no design de interiores e reduzir o uso de matérias-primas críticas.

No MVPE, não são utilizados materiais e componentes recuperados. O que não contribui para a redução do consumo de matérias-primas na sua construção. A adoção de materiais recuperados poderia contribuir para um ciclo de vida mais sustentável das edificações, promovendo a reutilização e a economia circular.

O concreto possui composição convencional (cimento, água, areia, britas e armadura de aço), conforme as normas vigentes. Por não empregar concreto de alto teor, não se favorece a diminuição dos impactos ambientais nem promovem práticas construtivas mais responsáveis, que poderiam minimizar a pegada ecológica da construção. Investir em tecnologias que utilizem concretos com características superiores melhoraria a sustentabilidade dos projetos, incentivando uma conduta mais consciente e inovadora na construção civil.

A estrutura de concreto armado utilizada não contempla a utilização de madeira processada ou outros materiais de base biológica. Embora esses materiais possam oferecer vantagens sustentáveis, sua adoção é complexa devido aos altos custos, à necessidade de seleção criteriosa e aos rigorosos requisitos de controle de qualidade e mão de obra especializada. Essa situação ressalta a importância de desenvolver soluções que integrem materiais alternativos de forma viável, promovendo uma construção mais sustentável.

O design de interior do MVPE faz uso de materiais não renováveis, como plásticos sintéticos, metais, vidro, cerâmica, tintas e vernizes químicos, espumas, materiais isolantes sintéticos e selantes. Essas escolhas aumentam o impacto ambiental e não favorecem a utilização de matérias-primas renováveis. É crucial repensar essas decisões de design,

incorporando alternativas sustentáveis que possam reduzir a pegada ecológica do projeto e promover uma maior responsabilidade ambiental.

A avaliação alcançada para essa questão não se alinha com as argumentações de Oliveira e Souza (2024), que destacam a importância do uso de materiais sustentáveis, ecológicos e inovadores na construção civil para reduzir o impacto ambiental do setor. Materiais convencionais, como telhas, tijolos e cerâmicas, causam prejuízos significativos ao ambiente, desde a extração de matérias-primas até a emissão de gases de efeito estufa durante a produção. Opções que incorporem resíduos reciclados e biomateriais representam um avanço para tornar a construção civil mais sustentável. De acordo com os autores, essa abordagem tanto diminui o uso de materiais virgens e não renováveis, como promove alternativas renováveis, alinhando-se às práticas de sustentabilidade.

### **Estratégia 9. Reduzir o uso de materiais intensivos em carbono**

As ações dessa estratégia visam o controle da pegada de carbono, mas não estão integradas às atividades projetuais do MVPE. O monitoramento da pegada de carbono não é realizado na fase de projeto, nem na estrutura do edifício, no envelope da edificação ou nos sistemas de construção e componentes de adaptação. Essa lacuna resulta na ausência de controle e avaliação do impacto ambiental gerado pelas emissões de carbono nas ações mencionadas.

Essa situação destaca a necessidade urgente de integrar práticas de monitoramento ambiental desde as fases iniciais do projeto. A falta de avaliação da pegada de carbono compromete a sustentabilidade do edifício e a capacidade de mensurar e mitigar os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida da construção. A implementação de estratégias de controle da pegada de carbono poderia promover uma abordagem mais consciente e responsável, permitindo que os projetistas e construtores tomem decisões informadas que contribuam para a redução das emissões e para um futuro mais sustentável.

A constatação da falta de monitoramento sobre a pegada de carbono na projeção e na construção do MVPE são divergentes com a posição defendida por Appel, Punhagui e Rebelato (2024), que afirmam que a desmaterialização busca reduzir o consumo de materiais e a geração de resíduos por unidade funcional, conservando o desempenho desejado, sendo uma estratégia eficaz para descarbonizar o setor. Ressaltam que estudos destacam sua relevância na redução do desperdício e no crescimento da produtividade, embora sua implementação requeira uma mudança de consciência na indústria e um foco em processos sistemáticos. Os processos de desmaterialização em construções abrangem a otimização do

design e o melhor uso dos materiais, promovendo a economia circular e o reaproveitamento de resíduos. Assim, a redução do uso de materiais com alta pegada de carbono deve envolver ações que controlem a pegada de carbono incorporada em todas as fases do projeto, desde a estrutura até os componentes da edificação.

### **Estratégia 10: Evitar materiais perigoso-poluentes**

A estratégia de evitar materiais perigoso-poluentes possui ações com a finalidade de evitar ou diminuir o uso de materiais, produtos químicos e elementos perigoso-poluentes. No contexto geral do MVPE inexistem cuidados com essas ações.

A ausência de monitoramento e de metas ambientais no MVPE dificulta significativamente o acompanhamento do desempenho ambiental, assim como a falta de uma lista de materiais, produtos químicos e elementos perigoso-poluentes, o que é essencial para prevenir, reduzir e eliminar riscos à saúde, ao bem-estar e a sustentabilidade no setor da construção.

Observou-se também que o uso de equipamentos elétricos é limitado em comparação aos equipamentos não elétricos na construção do MVPE, os quais causam a poluição sonora e atmosférica, além da emissão de gases de efeito estufa.

É fundamental evitar a utilização de materiais perigosos tanto no interior quanto no exterior do edifício, a fim de proteger a saúde humana e o meio ambiente. Esses cuidados não foram identificados em nenhuma fase do ciclo de vida do MVPE.

A gestão dos riscos associada a materiais antigos em edifícios existentes não é contemplada no MVPE, uma vez que este se aplica exclusivamente a novas construções.

Não foi encontrada concordância com as declarações de Moises (2022) que ressalta que a sustentabilidade se transformou em um paradigma central nos negócios do século XXI, sendo criada por líderes empresariais e governos como solução para questões globais, incluindo a geração de resíduos perigosos. A construção civil, um dos principais causador da poluição ambiental, enfrenta desafios relacionados à produção, transporte e descarte inadequado de resíduos. A destinação correta desses materiais é fundamental para o reaproveitamento, pois a falta de separação nos canteiros de obras dificulta a reciclagem e amplia os riscos de contaminação. Em suma, é fundamental desenvolver métodos de projeto que reduzam os impactos ambientais negativos e promovam a sustentabilidade na construção civil, visando a eliminação de materiais nocivos e poluentes.

### **Estratégia 11: Projetar para a natureza**

As ações da estratégia de projetar para a natureza não estão incorporadas no MVPE.

Conforme observado nos projetos e durante visitas técnicas, não há um levantamento adequado do habitat local que possibilite promover interações ecológicas e uma gestão sustentável dos recursos naturais. Essa falta de atenção ao valor ecológico resulta no empobrecimento do ecossistema e compromete a preservação ambiental.

A ausência de gestão hídrica leva ao desperdício dos recursos hídricos, ao aumento da demanda nos sistemas de abastecimento e à degradação dos ecossistemas locais. A gestão de resíduos é precária, limitando-se a depósitos para armazenamento e coleta pela escola, sem a devida separação dos materiais sólidos e orgânicos.

Por fim, o projeto não se inspira na natureza para adotar processos naturais, como as tecnologias verdes, evidenciando a falta concepções projetuais no MVPE que integrem princípios inspirados no ambiente natural.

Essas evidências não corroboram com a afirmação de Costa e Borges (2024), que destacam que o eco-design é essencial para projetar em sintonia com a natureza, buscando diminuir os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida dos produtos e incentivando a eco-inovação e a circularidade baseada em processos naturais. Práticas como pesquisa do habitat local e dos ecossistemas, o crescimento do valor ecológico da área, a gestão circular dos recursos municipais, soluções baseadas na natureza e o uso eficiente e circular da água são necessárias para garantir a sustentabilidade e a resiliência dos ambientes construídos.

#### 4.4 PROPOSTA DE ALTERAÇÕES NO MVPE PARA MAIOR INSERÇÃO NO PARADIGMA CIRCULAR

Diante da crescente demanda por soluções mais sustentáveis no setor de construção civil, a análise do MVPE ofereceu critérios que possibilitaram não só avaliar o projeto como vislumbrar mudanças que podem contribuir para sua inserção no paradigma da circularidade. A seguir, sintetizam-se as recomendações discutidas no decorrer da avaliação do MVPE segundo as ações definidas na CBT, agrupadas de acordo as estratégias. As propostas descritas estão alinhadas aos pensamentos dos autores Sá *et al.* (2023), Azevedo, Sanches e Pinheiro (2022), Kinguari (2024), Dams *et al.* (2021), Oliveira, Gonzalez e Kern (2024), Gonçalves e Ribeiro (2022), Oliveira e Fagundes (2024), Oliveira e Souza (2024), Appel, Punhagui e Rebelato (2024), Moises (2022) e Costa e Borges (2024), incorporando o paradigma circular aplicadas ao design de edifícios.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 01:**

1. Verificação da disponibilidade de edificações existentes que possam ser adaptadas para

atender aos requisitos escolares, promovendo o reaproveitamento de estruturas já existentes.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 02:**

1. Incorporação de conceitos de multiuso na concepção do projeto, permitindo adaptações para diferentes funções além da educacional.
2. Previsão de infraestrutura flexível que possibilite a adaptação dos espaços para múltiplos usos.
3. Inclusão de espaços com usos intensivos no edifício escolar vertical.
4. Projeto de espaços com configuração flexível para atender requisitos técnicos de múltiplos usos.
5. Especificação de materiais flexíveis e versáteis nas paredes para soluções de multiuso.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 03:**

1. Adaptação do edifício escolar às condições climáticas futuras, garantindo eficiência e conforto.
2. Inclusão de orientações para adoção de Produto-como-Serviço na Cartilha de Especificação Técnica.
3. Priorização de materiais, produtos e componentes que promovam durabilidade e redução dos custos de manutenção.
4. Especificação de soluções técnicas para manutenção, substituição e compatibilidade de vida útil do edifício.
5. Realização de Avaliação de Custo Total do Ciclo de Vida na concepção do projeto.
6. Criação de documentação detalhada sobre as características e informações dos materiais utilizados.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 04:**

1. Identificação de tipologias de uso compatíveis com o edifício escolar vertical.
2. Soluções flexíveis e adaptáveis a diferentes usos no projeto arquitetônico.
3. Adoção de instalações prediais aparentes.
4. Elaboração de Manual de Adaptabilidade e documentação *as-built*.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 05:**

1. Priorização de componentes pré-fabricados e desmontáveis.
2. Facilitação de acesso às instalações prediais.
3. Desenvolvimento de Manual de Desmontagem para os componentes do projeto.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 06:**

1. Monitoramento constante da demanda de alunos e adoção de soluções arquitetônicas

flexíveis.

2. Inclusão de estratégias alternativas de mobilidade e integração com transporte público.
3. Adoção de medidas passivas de condicionamento do espaço para diminuir a necessidade de intervenções ativas e reduzir o consumo de energia.
4. Especificação materiais sustentáveis, com menos camadas excessivas.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 07:**

1. Comprometimento com a eficiência, sustentabilidade e respeito ao entorno.
2. Aprimoramento e avaliação de alternativas estruturais eficientes para os materiais empregados.
3. Utilização de sistema estrutural que promova eficiência no uso de materiais e melhor desempenho.
4. Adesão à pré-fabricação de componentes fora do local da construção, tanto para a estrutura do edifício quanto para os elementos do envelope.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 08:**

1. Documentação de materiais e componentes reutilizáveis.
2. Uso mais sustentável do concreto convencional.
3. Seleção de materiais adequados, com controle de qualidade e mão de obra especializada.
4. Priorização de materiais provenientes de fontes renováveis.
5. Implementação de estratégias de reutilização e reciclagem para minimizar o uso de matérias-primas críticas.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 09:**

1. Monitoramento da pegada de carbono incorporado no projeto.
2. Redução do carbono incorporado na estrutura do edifício.
3. Diminuição do carbono incorporado nos acabamentos.
4. Acompanhamento da pegada de carbono incorporado nos sistemas de construção do edifício.
5. Acompanhamento da pegada de carbono incorporado dos componentes de adaptação durante as mudanças e adequações realizadas no edifício.
6. Projeto para o gerenciamento digital da informação, garantindo dados adequados para a ACV.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 10:**

1. Realização de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) para avaliar o desempenho de carbono do projeto.

2. Elaboração de lista de materiais e componentes a serem evitados no projeto.
3. Utilização de equipamentos elétricos na obra para redução de emissões.
4. Pesquisa e seleção de materiais com foco em segurança e sustentabilidade.
5. Emprego de materiais certificados.
6. Implementação um plano de gestão para identificar e mitigar os riscos associados a materiais antigos em edifícios existentes.

#### **PROPOSTAS RELACIONADAS À ESTRATÉGIA 11:**

1. Priorização a harmonia com o meio ambiente em detrimento da construção.
2. Aumento do valor ecológico do local com estratégias de sustentabilidade e preservação ambiental.
3. Promoção do uso eficiente e circular da água com práticas de gestão hídrica.
4. Implementação de práticas que promovam a redução, reutilização e reciclagem de materiais.
5. Incorporação de soluções inspiradas na natureza e conexão com os princípios biomiméticos.

Para cada estratégia, desenvolvemos um total de quarenta e nove propostas. No entanto, considerando a realidade do MVPE, as que apresentam maior aplicabilidade são aquelas relacionadas à eficiência, adaptabilidade, flexibilidade e durabilidade. Essas opções passíveis de implementações incluem:

#### **Eficiência:**

##### Implantação em curto prazo

1. Especificação de materiais sustentáveis, com menos camadas excessivas.
2. Seleção de materiais adequados, com controle de qualidade e mão de obra especializada.
3. Uso mais sustentável do concreto convencional.

##### Médio Prazo

1. Adoção de medidas passivas de condicionamento do espaço.
2. Aprimoramento e avaliação de alternativas estruturais eficientes para os materiais empregados.
3. Utilização de sistema estrutural que promova eficiência no uso de materiais e melhor desempenho.

##### Longo Prazo

1. Avaliação de Custo Total do Ciclo de Vida na concepção do projeto.

2. Priorização de materiais provenientes de fontes renováveis.

Exemplos de imagens para as propostas de eficiência:

Figura 29 - Escola na Nigéria com design passivo de condicionamento.



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/>, (2024)

Figura 30 - Colégio Fazer Crescer, Recife com captação de energia solar.



Fonte: [cfcsmartschool.com.br](http://cfcsmartschool.com.br), (2024)

### Adaptabilidade:

#### Inserção em curto prazo

1. Incorporação de conceitos de multiuso na concepção do projeto.
2. Identificação de tipologias de uso compatíveis.
3. Monitoramento constante da demanda de alunos.

#### Médio Prazo

1. Previsão de infraestrutura flexível.
2. Elaboração de Manual de Adaptabilidade e documentação as-built.
3. Adoção de Produto-como-Serviço.

#### Longo Prazo

1. Desenvolvimento de Manual de Desmontagem para os componentes do projeto.

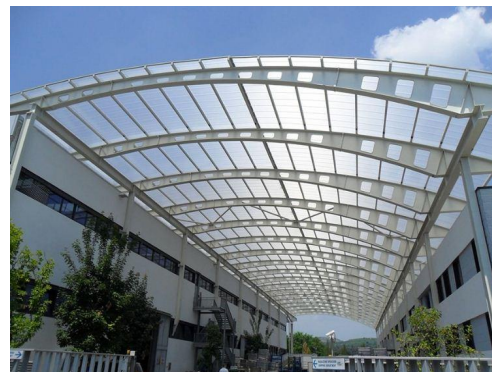
Exemplos de imagens para as propostas de adaptabilidade:

Figura 31 - Colégio Fazer Crescer, Recife com layout de sala aula multiuso.



Fonte: [cfcsmartschool.com.br](http://cfcsmartschool.com.br), (2024).

Figura 32 - Infraestrutura flexível-estrutura coberta metálica.



Fonte: <https://www.teips.com.br/>, (2024)

## Flexibilidade:

### Introdução em curto prazo

2. Inclusão de espaços com usos intensivos.
3. Facilitação de acesso às instalações prediais.
4. Adoção de instalações prediais aparentes.

### Médio Prazo

1. Projeto de espaços com configuração flexível.
2. Soluções flexíveis e adaptáveis a diferentes usos no projeto arquitetônico.
3. Priorização de componentes pré-fabricados e desmontáveis.

### Longo Prazo

1. Inclusão de estratégias alternativas de mobilidade e integração com transporte público.

Exemplos de imagens para as propostas de flexibilidade:

Figura 33 - Instalações prediais aparente.



Fonte: <https://decoranews.wordpress.com/> (2024)

Figura 34 - Componentes pré-fabricados e desmontáveis.



Fonte: <https://www.aecweb.com.br/> (2024)

## Durabilidade:

### Aplicação em curto prazo

1. Materiais, produtos e componentes que promovam durabilidade e redução dos custos de manutenção.
2. Documentação detalhada sobre as características e informações dos materiais utilizados.

### Médio Prazo

1. Especificação de soluções técnicas para manutenção, substituição e compatibilidade de vida útil do edifício.
2. Documentação de materiais e componentes reutilizáveis.

## Longo Prazo

1. Implementação de estratégias de reutilização e reciclagem para minimizar o uso de matérias-primas críticas.

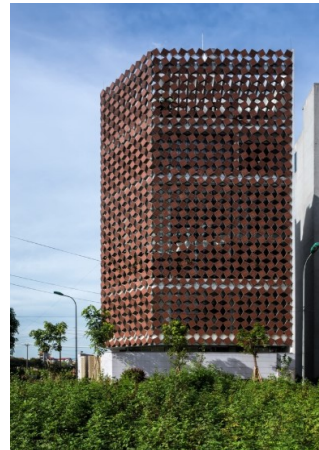
Exemplos de imagens para as propostas de durabilidade:

Figura 35 - Piso intertravado ecológico.



Fonte: <https://www.braston.com.br/>, (2024).

Figura 36 - Fachada com material reciclado.



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/>, (2024).

Foi realizada uma avaliação de custos para uma proposta de adaptabilidade para locação de ares condicionados, com o objetivo de demonstrar a viabilidade financeira de sua implementação no MVPE. Escolheu-se a proposta de adoção de Produto-como-Serviço e efetuou-se uma comparação entre a aquisição e a locação de ares condicionados (Tabela 3). A análise considerou o projeto de climatização do MVPE, levando em conta as especificações dos modelos de ar-condicionado tipo split utilizados, bem como os valores dos serviços e equipamentos listados em atas de preços de órgãos públicos de Pernambuco. Além disso, foram incluídos os valores de mercado aplicados na região para o serviço de locação, em substituição à aquisição dos equipamentos, de acordo com as (Tabela 1 e 2).

Tabela 1- Climatização do modelo vertical de projeto para aquisição de equipamentos

EQUIPAMENTO	QUANT	CAPACIDAD E	VALOR DOS EQUIP. (R\$)	VALOR CONT. MANUTENÇÃO (R\$/MÊS)	VALOR INSTALAÇÃO (R\$)
SPLIT PAREDE INVERTER	1	9.000BTUs	1.578,00	250,00	1.728,00
SPLIT PAREDE INVERTER	2	12.000BTUs	3.390,00	600,00	3.936,00
SPLIT PISO A TETO INVERTER	40	36.000BTUs	316.000,00	20.000,00	223.680,00
<b>TOTAL GERAL=</b>			<b>320.968,00</b>	<b>20.850,00</b>	<b>229.344,00</b>

Fonte: A autora, 2025

Tabela 2 - Climatização do modelo vertical de projeto para locação de Produto-como-Serviço

EQUIPAMENTO	QUANT.	CAPACIDADE	VALOR LOCAÇÃO (R\$)	VALOR CONT. MANUTENÇÃO (R\$/MÊS)	VALOR INSTALAÇÃO (R\$)
SPLIT PAREDE INVERTER	1	9.000BTUs	R\$157,80	R\$100,00	R\$1.150,00
SPLIT PAREDE INVERTER	2	12.000BTUs	R\$339,00	R\$200,00	R\$2.300,00
SPLIT PISO A TETO INVERTER	40	36.000BTUs	R\$31.600,00	R\$4.000,00	R\$76.000,00
<i>TOTAL GERAL=</i>			<i>R\$32.096,80</i>	<i>R\$/MÊS 4.300,00</i>	<i>R\$79.450,00</i>

Fonte: A autora, 2025

Tabela 3 - Comparação entre a aquisição e locação da Climatização do modelo vertical de projeto

ITEM	AQUISIÇÃO	LOCAÇÃO
CUSTO INICIAL	R\$ 320.968,00	R\$/ANO 385.161,60
CUSTO DE MANUTENÇÃO	R\$/ANO 250.200,00	R\$/ANO 51.600,00
CUSTO DE INSTALAÇÃO	R\$ 229.344,00	R\$ 79.450,00
CUSTO TOTAL NO 1º ANO	R\$ 800.512,00	R\$ 515.050,00

Fonte: A autora, 2025

A locação resulta em uma economia de **R\$ 285.462,00** no primeiro ano em comparação com a aquisição. A adoção de Produto-como-Serviço evita o investimento inicial significativo e oferece flexibilidade e suporte contínuo. Essa vantagem pode contribuir para uma gestão mais eficiente e econômica dos recursos públicos, além de proporcionar um ambiente mais confortável para alunos e funcionários.

Outra simulação de custos para uma proposta de eficiência foi à instalação do sistema fotovoltaico no MVPE, visando verificar a viabilidade financeira de sua implementação. Para efetuar essa análise financeira, foram considerados diversos critérios, incluindo uma simulação realizada pela empresa SolarMIX – Energias Renováveis<sup>9</sup>.

A análise levou em conta o projeto elétrico da Escola de Lagoa de Itaenga, que possui 12 salas e do cálculo de consumo de energia, resultando os seguintes dados:

- Consumo médio mensal de energia: 14.000,00 kWh/mês.
- Consumo médio anual de energia: 168.000,00 kWh/ano.
- Geração média mensal estimada: 14.964,66 kWh/mês.

<sup>9</sup> SolarMix é uma empresa especializada em energia solar e oferece soluções tecnológicas inovadoras para o mercado de geração distribuída. Contribuiu para a pesquisa com uma proposta de serviço de instalação de sistema fotovoltaico no MVPE de forma gratuita.

- Geração média anual estimada: 179.575,88 kWh/ano.

Os equipamentos necessários para instalação estão descritos na Figura 37.

Figura 37 - Os equipamentos para instalação

MÓDULO FOTOVOLTAICO		INVERSOR = SUN2000-40KTL-M3 - 380V - 4 MPPT	
FABRICANTE	JAM66D45LB - 610W - BIFACIAL - NTYPE	FABRICANTE	HUAWEI
POTÊNCIA	610 WP	POTÊNCIA	40.000 W
GARANTIA (DEFEITOS)	10 ANOS	GARANTIA (DEFEITOS)	10 ANOS
GARANTIA (ECIÊNCIA)	25 ANOS	MONITORAMENTO	WI-FI
QUANTIDADE	192	QUANTIDADE	2

Fonte: Dados da SolarMIX (2025).

Foram incluídos na proposta os serviços de: vistoria técnica e projeto elétrico do sistema; anotação da responsabilidade técnica (ART) do projeto e instalação; obtenção das licenças junto à concessionária de energia local; montagem dos módulos fotovoltaicos com estruturas apropriadas para o tipo de telhado/solo; instalação e montagem elétrica do sistema; gestão, supervisão e fiscalização da obra de instalação; frete incluso de todos equipamentos referentes ao sistema; documentação personalizada do projeto fotovoltaico.

Não foram considerados eventuais serviços de alvenaria, reforço estrutural, e/ou alterações na rede de distribuição as quais eventualmente podem ser solicitadas pela concessionária.

A Tabela 4 apresenta a análise financeira que abrange os aspectos econômicos estimados do projeto e da instalação, considerando-se a economia gerada, os preços, e a viabilidade financeira.

Tabela 4 - Análise financeira com e sem sistema fotovoltaico no modelo de projeto vertical

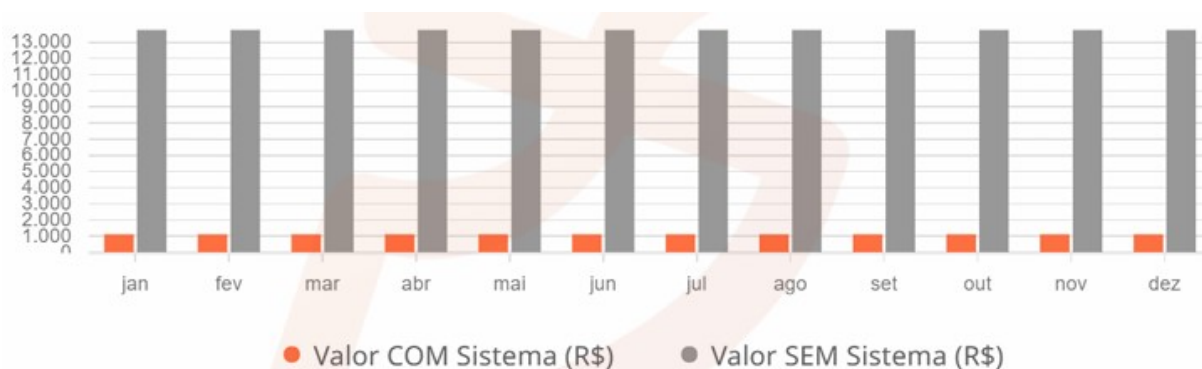
DESCRIÇÃO	SEM SISTEMA (R\$)	COM SISTEMA (R\$)
CUSTO DA CONTA DE ENERGIA MENSAL	13.765,00	1.116,45
CUSTO ESTIMADO DO PRIMEIRO ANO	165.180,00	13.397,35
ECONOMIA MÉDIA MENSAL ESTIMADA NO PRIMEIRO ANO	-	12.648,55
ECONOMIA TOTAL ESTIMADA NO PRIMEIRO ANO	-	151.782,65

Fonte: Dados da SolarMIX (2025). Elaborado pela autora.

Nota: A economia média mensal e a economia total são apresentadas apenas na coluna "Com Sistema", pois representam a economia gerada pela implementação do sistema fotovoltaico.

A Figura 38 demonstra o ganho em Reais no período do primeiro ano da fatura de energia COM e SEM o sistema. E a Tabela 5 apresenta os dados dos indicadores de viabilidade.

Figura 38 - Primeiro ano da fatura de energia.



Fonte: SolarMIX, 2025

Tabela 5 - Indicadores de viabilidade

DESCRIÇÃO	DADOS
<b>VALOR DO SISTEMA</b>	R\$ 254.654,37
<b>REAJUSTE ANUAL DE ENERGIA</b>	10%
<b>PAYBACK (TEMPO DE RETORNO)</b>	1 anos e 7 meses
<b>ROI (RETORNO SOBRE INVESTIMENTO)</b>	54,66 vezes
<b>TIR (TAXA INTERNA DE RETORNO)</b>	70,83 %
<b>VALOR KWH SISTEMA FV</b>	0,07 R\$/kWh (R\$ 0,91 de economia por kWh)
<b>ECONOMIA TOTAL EM 25 ANOS</b>	R\$ 13.918.570,33

Fonte: Dados da SolarMIX (2025). Elaborado pela autora.

A análise financeira do sistema fotovoltaico para o MVPE revela um investimento altamente viável e lucrativo. Com um valor total de R\$ 254.654,37, o sistema apresenta um payback de apenas 1 ano e 7 meses, indicando rápida recuperação do investimento. O retorno sobre investimento (ROI) é impressionante, alcançando 54,66 vezes, o que significa que para cada real investido, a escola terá um retorno significativo. A taxa interna de retorno (TIR) de 70,83% demonstra que o projeto supera amplamente as taxas de mercado, tornando-o atraente. A economia total projetada em 25 anos é de R\$ 13.918.570,33, permitindo que a escola reinvesta esses recursos em áreas essenciais. As projeções mensais da conta de energia também mostram uma redução significativa nos custos, reforçando a sustentabilidade financeira e ambiental da iniciativa.

Segundo a Empresa SolarMIX – Energias Renováveis, os valores de geração de energia são estimativas médias mensais e anuais, variando conforme as condições meteorológicas e com base em dados do CRESESB. As projeções de geração, custos e economia consideram o consumo do cliente, a irradiação solar local e uma análise recente de inação energética. O sistema foi desenvolvido para atender ao perfil de consumo e requisitos específicos do cliente, não possuindo partes móveis e exigindo pouca manutenção, com recomendações de limpeza dos módulos a cada 6 meses a 1 ano, especialmente em regiões secas.

Em conclusão a instalação do sistema fotovoltaico para o MVPE apresenta-se como uma excelente oportunidade de investimento, com forte potencial de economia financeira e retorno sobre investimento. Os indicadores de viabilidade demonstram que o projeto é não apenas sustentável, mas também altamente lucrativo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo abordou a questão das modificações nas definições de projeto necessárias para integrar o modelo vertical de projeto escolar da SEE-PE ao paradigma circular e ao design para circularidade. O objetivo central da pesquisa foi analisar os fundamentos do paradigma circular e sua aplicação no design de edifícios, especificamente no contexto do MVPE, buscando identificar práticas que promovam a sustentabilidade e a eficiência na construção e operação dessas instituições educacionais.

A análise realizada no MVPE revelou uma realidade comum na prática atual da construção civil: a inexistência da circularidade na fase de projeto e construção. No contexto geral, observou-se que pouquíssimas ações sustentáveis foram investidas no desenvolvimento do modelo de edifício escolar, e quando aplicadas, apresentaram-se parcialmente inseridas. Como proposta, a pesquisa elaborou uma lista de recomendações essenciais para a implementação do paradigma circular e do design para circularidade no modelo analisado, podendo estender-se aos outros modelos da SEE-PE. Essas recomendações têm o potencial de mitigar os problemas relacionados à sustentabilidade, abrangendo desde a fase de projeto até o fim do ciclo de vida da construção.

O estudo também evidenciou que o MVPE foi construído com critérios convencionais, com pouca aplicação dos fundamentos do paradigma circular no processo construtivo. No entanto, foi demonstrado na pesquisa exemplos de construções que revelaram a viabilidade da aplicação desses princípios, reduzindo o impacto ambiental e otimizando recursos. Assim, os arquitetos e engenheiros da SEE-PE precisam conhecer e inserir suas práticas no paradigma circular, de modo a abraçarem as recomendações, visando alcançar a sustentabilidade e a eficiência no edifício escolar. Os resultados obtidos nesse estudo destacaram a necessidade de mudança e oferecem um caminho para a transformação do MVPE.

A implementação da circularidade em edificação escolar enfrenta diversos desafios e limitações, que precisam ser superados para uma adoção efetiva. Um primeiro desafio é a resistência à mudança, uma vez que a cultura tradicional projetual consolidada da SEE-PE apresenta dificuldade para incorporação de novas abordagens sustentáveis. Para modificar isso, é necessário promover sensibilização, capacitação e exemplos de boas práticas, a fim de disseminar os benefícios da circularidade.

Outro obstáculo observado é a falta de conhecimento e expertise, pois a equipe de projeto da SEE-PE, construtoras e gestores escolares carecem de conhecimento e habilidades específicas sobre soluções sustentáveis. Essa situação pode ser alterada por meio de oferta de

treinamentos, consultorias especializadas e parcerias com centros de pesquisa e instituições de ensino. Acrescenta-se a necessidade de infraestrutura tecnológica para a equipe projetual para o domínio e incorporação de tecnologias como BIM, Passaporte de Materiais e Gêmeo Digital.

Os impasses normativos e regulatórios também representam uma limitação projetual uma vez que algumas normas e regulamentos não se encontram alinhados com os princípios do paradigma circular. Nesse caso, é essencial engajar-se em processos de revisão e atualização de regulamentações junto aos órgãos competentes.

Os custos iniciais das soluções circulares sempre foram mais elevados se vistos como um recurso oneroso para execução de um edifício escolar. Para superar esta visão, é importante avaliar o custo total do ciclo de vida, incluindo benefícios em longo prazo, e buscar fontes de financiamento específicas para projetos sustentáveis.

A dificuldade na obtenção de materiais reciclados, reutilizados ou de fontes renováveis é causada pela limitação na disponibilidade e acessibilidade desses materiais. Essa barreira pode ser ultrapassada por meio do desenvolvimento de parcerias com fornecedores e cadeias de suprimento sustentáveis, além do incentivo à demanda por esses materiais.

Outra limitação observada é o engajamento da comunidade, pois envolver alunos, professores e funcionários da escola no processo de adoção de soluções circulares é uma tarefa complexa. Nesse sentido, é fundamental promover atividades educativas, oficinas e campanhas de conscientização, estabelecendo uma cultura de sustentabilidade.

A complexibilidade de monitoramento e avaliação da edificação é outra dificuldade que precisa ser enfrentada. Para tanto é necessário investir em alternativas sustentáveis no edifício e desenvolver sistemas de monitoramento e avaliação de desempenho, com indicadores claros e metas de melhoria contínua.

A implementação do paradigma circular no MVPE da SEE-PE traz desafios significativos devido à rigidez do planejamento educacional, à participação de empresas via licitação, à dificuldade de fiscalização e à ingerência política. Essas limitações dificultam a adoção de práticas sustentáveis nas escolas, que muitas vezes estão presas a roteiros fixos e focadas em custos imediatos. Para superar esses obstáculos, é essencial promover uma mudança cultural, investindo em capacitação para educadores, flexibilizando processos licitatórios para incluir critérios sustentáveis, fortalecendo a fiscalização e engajando a comunidade escolar e empresas locais. A transição para um modelo circular é desafiadora, mas necessária para garantir uma educação mais consciente e responsável, preparando os alunos para os desafios do futuro.

Outro aspecto importante é a valorização de ciclos locais, que fortalecem economias regionais e diminuem as emissões associadas ao transporte de materiais. A implementação de princípios circulares serve ainda como ferramenta educativa, promovendo a conscientização sobre práticas sustentáveis entre usuários e comunidades. Edifícios com essa abordagem tendem a ser mais resilientes e adaptáveis a mudanças futuras, garantindo sua relevância ao longo do tempo.

A busca por soluções circulares estimula a inovação e a pesquisa em materiais e técnicas de construção, contribuindo para o avanço da indústria da construção civil em direção a práticas mais sustentáveis. Assim, a adoção do paradigma circular no design de edifícios promove a sustentabilidade, gerando benefícios econômicos e sociais, criando um ciclo virtuoso que transforma a maneira como construímos e habitamos os espaços urbanos.

A pesquisa enfatiza a importância de incorporar os fundamentos do paradigma circular no design de edifícios escolares, especialmente no modelo vertical da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco. A aplicação desse paradigma requer a seleção de materiais sustentáveis que promovam durabilidade e reduzam custos de manutenção, além da documentação detalhada sobre as características dos materiais. A implementação de soluções técnicas para manutenção e a documentação de componentes reutilizáveis são essenciais para garantir a compatibilidade e a longevidade das construções. A colaboração com as partes interessadas, incluindo educadores e arquitetos, é fundamental para enriquecer o processo de design e atender às necessidades da comunidade escolar. A avaliação contínua dos impactos das práticas circulares permitirá ajustes e melhorias, contribuindo para um ambiente educacional mais sustentável e eficiente.

Para inserir o modelo vertical da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco no contexto do paradigma circular, é necessário adotar modificações como a avaliação do custo total do ciclo de vida, a escolha de materiais eficientes e a implementação de sistemas estruturais que maximizem o uso de recursos. A incorporação de espaços multiuso e infraestrutura flexível garantirão que a edificação se adapte a diferentes necessidades ao longo do tempo. A documentação detalhada sobre os materiais e a criação de manuais para adaptabilidade e desmontagem são essenciais para facilitar futuras modificações, assegurando durabilidade e sustentabilidade.

Futuras pesquisas podem explorar a avaliação do impacto ambiental dessas práticas, a substituição de materiais sustentáveis por materiais sustentáveis e a eficácia de modelos de gestão de resíduos. Investigar programas de educação e sensibilização, a integração de tecnologias digitais como BIM e estudos de caso em diferentes regiões poderá enriquecer a

compreensão do tema. Além disso, analisar o impacto social e comunitário da adoção do paradigma circular em escolas pode revelar benefícios adicionais, contribuindo para um desenvolvimento sustentável mais amplo.

Entretanto, a pesquisa atravessou problemas, como a escassez de literatura específica sobre a aplicação do paradigma circular em contextos educacionais, o que dificultou a fundamentação teórica, e a obtenção de dados precisos sobre os materiais empregados no projeto, limitando a análise. Essas dificuldades ressaltam a necessidade de um esforço contínuo para promover a adoção de práticas sustentáveis no design de edifícios escolares com os princípios do paradigma circular.

Ao enfrentar esses desafios de forma proativa e com abordagens inovadoras, será possível superar as limitações e implementar o paradigma circular de maneira efetiva nos projetos de escolas. Isso requer um esforço conjunto entre projetistas, gestores escolares, autoridades públicas e a comunidade, visando criar ambientes de ensino e aprendizado verdadeiramente sustentáveis e circulares.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 16636-2**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos - Parte 2: Projeto arquitetônico. Rio Janeiro: ABNT, 2017. 17p.
- APPEL, Jean Carlos Ravanelli; PUNHAGUI, Katia Regina Garcia; REBELATO, Danielly Letícia. Estratégias para desmaterialização de edificações: uma abordagem exploratória. *In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 20, 2024. *Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1-13.
- ARCHDAILY. **Sede Corporativa dos Médicos Sem Fronteiras / Architectura**, 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/973595/sede-do-medicos-sem-fronteiras-em-barcelona-batlleiroig>. Acesso em: 12 out. 2023.
- ARISYA, Khaldia Fadhilah; SURYANTINI, Rini. Modularity in design for disassembly (DfD): Exploring the strategy for a better sustainable architecture. *In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021. p. 012024.
- ARUP. **Bima Microlibrary**, 2022. Disponível em: [https://ce-toolkit.dhub.arup.com/case\\_studies/47](https://ce-toolkit.dhub.arup.com/case_studies/47). Acesso em 12 out. 2023.
- ARUP. **Headquarters of Doctors Without Borders in Barcelona**, 2022. Disponível em: [https://ce-toolkit.dhub.arup.com/case\\_studies/52](https://ce-toolkit.dhub.arup.com/case_studies/52). Acesso em 12 out. 2023.
- ARUP. **Kit de ferramentas para edifícios circulares**: Descarbone seu projeto com este guia de passo a passo, 2022. Disponível em: <https://ce-toolkit.dhub.arup.com/>. Acesso em 12 out. 2023.
- ARUP. **The Bartlett School of Architecture (UCL)**, 2022. Disponível em: [https://ce-toolkit.dhub.arup.com/case\\_studies/49](https://ce-toolkit.dhub.arup.com/case_studies/49). Acesso em 12 out. 2023.
- AZEVEDO, Jorge Joel Silva de; SANCHES, Antônio Estanislau; PINHEIRO, Érika Cristina Nogueira Marques. Técnicas construtivas em gesso acartonado: utilização e viabilidade na construção de salas comerciais estudo de caso em manaus-am / construction techniques in plasterboard. *Brazilian Journal Of Development*, [s.l.], v. 8, n. 5, p. 38507-38525, 18 maio 2022. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n5-378>.
- BARROS, Tiago Sarsfield Rodrigues. **As implicações no projeto de arquitetura do conceito “Shearing Layers”**. Lisboa. 2020. 63p. Dissertação (Mestrado Integrado em Arquitetura). Instituto Universitário de Lisboa, 2020.
- BORSCHIVER, Suzana; TAVARES, Aline Souza. **Catalisando a Economia Circular**: conceitos, modelos de negócios e sua aplicação em setores da economia. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2022. E-book. 183 p. ISBN 978-65-88388-33-4. Acesso em: 05 mai. 2023.
- BRAUNGART, Michael; BRAUNGAR, Michael. **Cradle to cradle**: criar e reciclar ilimitadamente. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2013.
- BRÍGITTE, Giovanna Tomczinski Novellini. Projeto, Padrões e Tecnologia: da linguagem de Alexander à programação e inteligência artificial. **PIXO-Revista de Arquitetura, Cidade e**

**Contemporaneidade**, [s.l.], v. 5, n. 17, 2021.

CAMPINO, Marta Susana Inglês. **Circularidade e Inovação nos Projetos de Arquitetura do Setor da Construção em Portugal**. Lisboa. 2022. 52f. Dissertação (Mestrado. Bolonha em Economia e Gestão de Ciência, Tecnologia e Inovação). Universidade de Lisboa, 2022.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco. **Entendendo BIM: uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. Curitiba: O Autor: 2015. Ebook -115 p. Disponível em: [www.entendendobim.com.br](http://www.entendendobim.com.br). Acesso em: 18 out. 2023.

CRADLE TO CRADLE PRODUCTS INNOVATION INSTITUTE. **Cradle to Cradle Certified Product Standar**, 2021. Disponível em: <https://www.c2ccertified.org/get-certified/product-certification>. Acesso em: 07 jul. 2024.

CIRCULAR IDEIA. **28 estudos de caso: design e inovação para a economia circular no Brasil e no mundo**. São Paulo, 2021.

COSTA, Marco Aurélio Pestana; BORGES, Fernanda de Freitas. Soluções Socioambientais Autossustentáveis emergentes: fluxo de valor orientado à Eco-Neokenomics. **Simpósio de Tecnologia Fatec Jaboticabal**, v. 4, n. 1, p. e4111-e4111, 2024.

DAMS, Barrie *et al.* A circular construction evaluation framework to promote designing for disassembly and adaptability. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 316, p. 128122, 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition**, 2013. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an-accelerated-transition>. Acesso em 07 jul. 2024.

ELLEN MACARTHUR FUNDATION. **Kit de ferramentas para edifícios circulares**, 2022. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/circular-buildings-toolkit>. Acesso em 12 out. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Introdução à economia circular**. Ellen MacArthur Foundation, 2023. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/economia-circular-introducao/visao-geral>. Acesso em 29 jun. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Design e economia circular**, 2023. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/articles/design-and-the-circular-economy>. Acesso em 29 jun. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Reimaginando nossas edificações e espaços para a economia circular**, 2023. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/ambiente-construido/visao-geral>. Acesso em 29 jun. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Circular Economy in Cities: Project Guide**, 2019. Disponível em: [ellenmacarthurfoundation.org/our-work/activities/circular-economy-in-cities](http://ellenmacarthurfoundation.org/our-work/activities/circular-economy-in-cities). Acesso em 20 ago. 2023.

FONTGALLAND, Isabel Lausanne. **Economia circular e consumo sustentável**. [s.l.]: Amplia Editora, 2022.

GONÇALVES, Daniel Bertoli; RIBEIRO, Edson. O reuso de containers marítimos na construção civil sob a perspectiva da economia circular. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [s.l.], p. 107-119, 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2021 - the physical science basis. **Interaction**, [s.l.], v.49, n.4, p.44-45, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em 07 jul. 2024.

KINGUARI, Distinto Marcos Alberto. **Da Economia Linear à Economia Circular: abordagens e desafios para uma Economia Sustentável no século XXI**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, 2023.

KUZMINYKH, Artur *et al.* Plataforma integrada para a circularidade dos materiais de construção: Prova de conceito no âmbito do projeto **RecycleBIM**, [s.l.], 2024.

LEAL, Joice Joppert *et al.* **Design e Economia Circular**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2020. 112p.

LEAL, Lucas Machado. **A aplicabilidade da economia circular nas diversas fases de um projeto de construção civil: um estudo sobre diretrizes projetuais para circularidade** - Macaé, 2023. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2023.

MOISES, Jackson *et al.* A sustentabilidade na construção civil e o papel do arquiteto: uma narrativa. **Revista Mundi Sociais e Humanidades**, [s.l.], v. 7, n. 2, 2022.

OLIVEIRA, Eduardo Alves; FAGUNDES, Fabiano. Estudo comparativo entre construção modular e construção convencional. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [s.l.], v. 7, n. 1, 2024.

OLIVEIRA, Jordana de; GONZALEZ, Marco Aurelio Stumpf; KERN, Andrea Parisi. Análise do projeto para desmontagem e desconstrução como ferramenta da economia circular da construção civil. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 24, p. e133051, 2024.

OLIVEIRA, Patrick Peres; SOUZA, Guilherme Torres. Inovações e tendências de materiais sustentáveis na construção civil: uma revisão bibliográfica. **Renomom**, [s.l.], v. 12, n. 3, p. 1-17, 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 17 objetivos para transformar o mundo**. Nova Iorque: ONU, 2015. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 06 mai. 2025.

PEREIRA, Luiz Carlos Fernandes. **O design para a economia circular, repensando a forma como fazemos as coisas**. Brasília – DF, 2020. 153f. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade de Brasília, 2020.

PEREZ, Iana U. **Economia Circular e design**. Ceará: Ed. KUYA- Centro de Design do Ceará, 2020. 39 p.

PERNAMBUCO. Secretaria da Educação e Esportes de Pernambuco. **Secretaria de Educação**. Disponível em: <https://portal.educacao.pe.gov.br/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

POMPONI, Francesco; MONCASTER, Alice. Circular economy for the built environment: A research framework. **Journal of cleaner production**, [s.l.], v.143, p. 710-718, 2017.

SÁ, Clayton Pereira *et al.* Cidades inteligentes e economia circular: perspectivas para o desenvolvimento urbano sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 1-20. 2023.

SIENGE. **Drywall, tudo o que você precisa saber**. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/drywall-tudo-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 19 fev. 2025.

SILVA, Thainy G. Esteves *et al.* EconomiaCircular: um panorama do estado da arte das políticas públicas no Brasil. **Revista Produção Online - ABEPRO**, Florianópolis, Santa Catarina, 2021. v 21. p. 951-972.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTES DE PERNAMBUCO. **Relatório Anual de Indicadores - RAI 2021**. Recife: Secretaria de Educação, 2021. Disponível em: <https://portal.educacao.pe.gov.br/rai-relatorio-anual-de-indicadores/>. Acesso em: 08 ago. 2024.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTES DE PERNAMBUCO. **Relatório Anual de Indicadores - RAI 2023**. Recife: Secretaria de Educação, 2023. Disponível em: <https://portal.educacao.pe.gov.br/rai-relatorio-anual-de-indicadores/>. Acesso em: 08 ago. 2024.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTES DE PERNAMBUCO. **Diagnóstico das Condições Gerais de Infraestrutura, Insumos e Equipamentos da Rede Escolar de Pernambuco – PII - DISES**. Recife: Secretaria de Educação, 2023.

TENNENBAUM, Carla. **Fundamentos para um Design Regenerativo**. Centro de Design Ceará: Ceará - UANE, 2020. 41 p. Disponível em: [cursos.fdr.org.br/course/view.php?id=148](https://cursos.fdr.org.br/course/view.php?id=148). Acesso em: 20 ago. 2023.

THE GREAT RECOVERY - **Redesigning The Future. Investigating the role of design in the circular economy - Report 01**. Inglaterra: RSA Innovate, 2013. Disponível em: <http://www.greatrecovery.org.uk/resources/the-great-recovery-report/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

UNITED NATIONS. **Objetivo 8, Análise do Objetivo 8 sobre Trabalho Decente para Todos**. 2015. Disponível em: <https://www.un.org/en/>. Acesso em 07 jul. 2024.

VALVERDE, Christopher B. **La Basura no Existe: Hacia el Suprarreciclaje y La Economía Circular**. San José, Costa Rica: Edi Nexo, 2021. 198 p. Acesso em 10 jun.2023. 8f.

**APÊNDICE A – Quadro 01 para avaliação do projeto de edificação escolar vertical**

<b>QUADRO PARA AVALIAÇÃO DO PROJETO DE EDIFICAÇÃO ESCOLAR VERTICAL</b>				
<b>EIXO ESTRUTURANTE</b>				
<b>I NÃO CONSTRUIR</b>				
<b>ESTRATÉGIAS</b>				
<b>RECUSAR NOVAS CONSTRUÇÕES DESNECESSÁRIAS</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
<b>1.1. Reutilizar, renovar ou reaproveitar um bem existente</b>	A SEE/PE responde a solicitações de construção de edificações escolares feitas pelas prefeituras, que – via de regra - oferecem terrenos como contrapartida.	GAPE-SEE/PE SEI-PE DOC_OFIC	Não existe prática de reutilização, renovação ou reaproveitamento para a função com edifício escolar.	Proceder à identificação de disponibilidade de edificação, quando da solicitação de construção de edifício escolar. No caso de identificação de edifício existente, verificar se atende aos requisitos para uso escolar por meio de adaptações para reaproveitá-lo. BENEFÍCIOS: contribuição para a redução das emissões de carbono incorporado, minimização do desperdício decorrente de demolições, diminuição da extração de novos recursos e extensão do ciclo de vida
<b>EIXO ESTRUTURANTE</b>				
<b>II CONSTRUIR PARA USO A LONGO PRAZO</b>				
<b>AUMENTAR A UTILIZAÇÃO DO EDIFÍCIO</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
<b>2.1. Aumentar o potencial multiuso dos espaços de construção</b>	O projeto do modelo de edifício escolar vertical não define espaços multiuso para funções educacionais, como também para outro tipo de função.	VIS_TÉC PROJ_ARQUIT	Os espaços do edifício escolar vertical restringem-se aos usos educacionais específicos para os quais foram projetados.	Aplicar conceitos multiusos na fase de concepção projetual tanto para funções educacionais quanto como possibilidade de outra função, desde que não haja prejuízo à função principal. BENEFÍCIOS: redução das emissões de carbono incorporado, minimização do desperdício decorrente de demolições e diminuição da extração de novos recursos. Potenciais economias de custos para usuários e proprietários devido à maior utilização do espaço.
<b>2.2. Criar as condições físicas gerais para permitir a implementação multiuso</b>	O projeto do edifício escolar vertical se limita ao programa, função e usos educacionais solicitados.	VIS_TÉC PROJ_ARQUIT PROJ_EST PROJ_ELET PROJ_HIDRO PROJ_CLIMAT PROJ_CAB	Por restringir-se ao programa, função e usos educacionais solicitados, o projeto do edifício escolar vertical (e sua construção) atendem a requisitos técnicos-constructivos (estrutura, materiais, instalações, etc.) que limitam a adaptação para determinados usos.	Na fase de concepção projetual prever infraestrutura que permita a adaptação dos espaços para múltiplos usos. BENEFÍCIOS: redução das emissões de carbono incorporado; minimização dos resíduos gerados por demolições e a diminuição da extração de novos recursos. Potenciais economias de custos para usuários e proprietários devido a maior utilização do espaço.
<b>2.3. Concepção para uma maior utilização de espaços regularmente "vazios"</b>	A concepção dos espaços é de baixa utilização.	VIS_TÉC	O projeto de edifício escolar vertical (MVPE) estabelece ambientes com único uso, o que dificulta a ocupação com outras atividades, com aumento de utilização de espaços que se	Incluir espaços com usos intensivos no projeto do edifício escolar vertical. BENEFÍCIOS: todos os benefícios citados no item 2.2.

			apresentam vazios frequentemente.	
<b>2.4. Projetar unidades locais de desempenho de edifícios para que possam trabalhar em várias configurações e requisitos de espaço</b>	O projeto de edifício escolar vertical define as instalações prediais especificamente para atender aos requisitos de espaço do programa.	PROJ_ARQUIT PROJ_EST PROJ_ELET PROJ_HIDRO PROJ_CLIMAT PROJ_CAB	As instalações prediais foram planejadas para desempenho técnico de uso único. Exigindo menos material no início da implementação, mas menos eficiente em termos de materiais ao longo de todo o ciclo de vida.	Projetar espaços com configuração flexível para atender aos requisitos de desempenho técnico de mais de um tipo de uso. BENEFÍCIOS: descritos no item 2.2.
<b>2.5. Fazer paredes internas versáteis/flexíveis/móveis para o layout do espaço suportar multiuso.</b>	O projeto de edifício escolar vertical apresenta sistema estrutural modular em concreto armado, com paredes (internas e externas) em tijolos cerâmicos	PROJ_ARQUIT PAD_CONST_ACAB_GER CART_ESP_TEC	As paredes são elaboradas com materiais pouco versáteis e flexíveis, o que dificulta o uso de múltiplas funções nos espaços, uma vez que não permitem a reconfiguração dos espaços internos.	Especificar materiais flexíveis e versáteis para as paredes que permitam soluções de multiuso para os espaços, permitindo a otimização.
<b>3. DESIGN PARA LONGEVIDADE</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
<b>3.1. Conceção para a adaptabilidade/resiliência climática futura</b>	Na documentação de projeto não há referências à adaptabilidade/resiliência climática futura relacionada à localidade de construção do edifício escolar	PROJ_ARQUIT CART_ESP_TEC PROJ_EST PROJ_ELET PROJ_HIDRO PROJ_CLIMAT PROJ_CAB	O projeto do edifício escolar vertical limita-se ao cumprimento das normas técnicas vigentes, não se identificando medidas ou recomendações para adaptação às mudanças climáticas, afim de possibilitar desempenho adequado e manter o valor da edificação.	Adaptar o edifício escolar às condições climáticas futuras, garantindo a eficiência e o conforto ambiental. BENEFÍCIOS: redução das emissões de carbono incorporado a longo prazo; diminuição da extração de material a longo prazo; permissão que os futuros inquilinos adaptem o espaço às suas necessidades antecipadas; possibilidade de reutilização futura de componentes de construção e redução de custos ao longo de todo o ciclo de vida do edifício. Incluir no projeto do edifício escolar recomendações para adaptações a possíveis mudanças climáticas
<b>3.2. Priorize elementos modulares em vez de soluções sob medida e evite geometrias complexas de edifícios</b>	O projeto da edificação escolar define soluções modulares e evita geometrias complexas.	PROJ_ARQUIT PROJ_ESTRUT	Solução com estrutura modular e com formas arquitetônicas simples possibilita reformas e ampliações futuras dos espaços, ao mesmo tempo em que contribui para a redução de custos na construção, facilitando também a manutenção e a substituição de componentes.	As soluções adotadas no MVPE são as sugeridas nas ações do item 3.2. BENEFÍCIOS: os mesmos benefícios do item anterior.
<b>3.3. Investigar esquemas de Produto-como-Serviço para componentes que se espera que tenham uma vida útil curta ou média no projeto</b>	Na documentação de projeto não há determinação ou sugestão para adoção de sistema de Produto-como-Serviço para nenhum componente do edifício com vida útil curta ou média. Também não se identificou plano	PROJ_ARQUIT CART_ESP_TEC PROJ_CLIMAT GAPE-SEE/PE	Alguns equipamentos do edifício escolar vertical como ar-condicionado e luminárias possuem um ciclo de vida reduzido, resultando em resíduos que se acumulam em áreas designadas para tal.	Inserir na Cartilha de Especificação Técnica as orientações necessárias para implantação de sistema de Produto-como-Serviço para todos os componentes do edifício que apresentem viabilidade de execução. BENEFÍCIOS: Favorecimento da utilização de esquemas que promovam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos componentes. Soma-se os benefícios

	administrativo ou gerencial para implantação desse tipo de serviço.		Portanto, a ausência de um plano de Produto como Serviço não promove a economia circular e a redução de resíduos.	citados no item 3.1.
<b>3.4. Maximizar a durabilidade da estrutura do edifício através de cuidadosa seleção, proteção e manutenção dos componentes.</b>	Não há descrição na documentação projetual a respeito de escolha de material para aumentar a durabilidade dos componentes de construção.	PROJ_ARQUIT PROJ_ESTRUT CART_ESP_TEC	Alguns materiais presentes no edifício escolar oferecem durabilidade, por exemplo, o concreto do sistema estrutural. Mas não há manutenção durante a utilização para aumentar a vida útil.	Priorizar a escolha de materiais, produtos, componentes da edificação e ações que promovam a durabilidade e a redução dos custos de manutenção. BENEFÍCIOS: são os mesmos do item 3.1.
<b>3.5. Assegurar que a vida útil individual dos sistemas de envoltórias, componentes, produtos e materiais esteja alinhada com a vida útil mínima do edifício.</b>	Não se identificam orientações para manutenção da vida útil de componentes, produtos, materiais especificados para o projeto.	PROJ_ARQUIT CART_ESP_TEC	A durabilidade do edifício é comprometida devido à falta de manutenção preventiva adequada e cuidados. Essa incompatibilidade entre a vida útil dos materiais e a do edifício leva a substituições prematuras e desperdício.	Especificar materiais que atendam à vida útil do edifício. Projetar técnicas minimamente invasivas para manter, testar e substituir componentes individuais ou produtos com vida útil menor. Selecionar sistemas e materiais com vida útil compatível com a do edifício. BENEFÍCIOS: são iguais ao item 3.1.
<b>3.6. Utilizar a avaliação dos custos do ciclo de vida completo (CCL) como instrumento de avaliação da concepção</b>	O processo de projeto não realiza avaliação dos custos do ciclo de vida completo do edifício	PROJ_ARQUIT	A falta de avaliação do CCL no projeto pode acarretar problemas futuros, como custos de manutenção e operação mais altos do que o esperado. Também pode levar a escolhas de materiais e soluções construtivas que são mais baratas inicialmente, mas que se mostram dispendiosas ao longo do tempo.	Realizar avaliação do custo do ciclo de vida completo (CCL) na fase de concepção do projeto. Considerar a inclusão de custos de operação, manutenção e substituição na avaliação econômica. BENEFÍCIOS: Idem do item 3.1.
<b>3.7. Emitir um documento de Passaporte de Materiais de Construção para o projeto</b>	Não há um documento que registre as informações dos materiais utilizados.	GAPE - SEE	O emprego de Passaporte de Materiais de Construção ainda não se constitui em prática usual no design de edifícios e construção civil brasileira.	Criar um documento detalhado dos materiais que registre as características e informações dos materiais utilizados para facilitar a gestão e a manutenção do edifício na etapa da elaboração dos documentos projetuais. BENEFÍCIOS: Repetem-se os mesmos benefícios do item 3.1.
<b>4. DESIGN PARA ADAPTABILIDADE</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
<b>4.1. Aumentar a conversibilidade: escolha massa arquitetônica, grade estrutural e layout de fundação compatível com todos os prováveis usos futuros.</b>	A massa arquitetônica acompanha a definição estrutural. Não há registro de que tenha havido intenção projetual relacionada à conversibilidade do edifício.	PROJ_ARQUIT PROJ_ESTRUT	A edificação escolar possui baixo potencial para atender a diversas tipologias. Seus parâmetros estruturais são estabelecidos para um uso limitado.	Identificar tipologias de uso compatíveis com o projeto do edifício escolar vertical, como por exemplo Centro Comunitário, Centro de Atendimento - consultórios ou Gerência Regional de Educação, registrando-as no memorial descritivo do projeto. BENEFÍCIOS: redução de emissões de carbono incorporado a longo prazo, diminuição da extração de materiais, permitindo que futuros inquilinos

				adaptem o espaço e retenham o valor do ativo durante sua vida útil.
<b>4.2. Aumentar a conversibilidade: Permitir alterações no uso do edifício, projetando o envelope do edifício para permitir mais de um uso, ou para permitir modificações no tamanho e espaçamento da janela.</b>	As fachadas não são estruturais, são vedações. Mas possuem componentes que não permitem fáceis modificações no revestimento e nas aberturas do edifício.	PROJ_ARQUIT PAD_CONST_ACAB_GER CART_ESP_TEC	Os materiais utilizados nas fachadas não são flexíveis nem desmontáveis, o que pode resultar em desperdício e acúmulo de resíduos. Além disso, esses materiais não garantem a adaptação do edifício.	Na etapa de elaboração do projeto arquitetônico, escolher soluções flexíveis e adaptáveis a diferentes possíveis usos futuros, como tamanhos e espaçamentos de janelas que permitam modificações e estendam a vida útil do edifício. BENEFÍCIOS: os mesmos do item anterior.
<b>4.3. Aumentar a convertibilidade: Fazer provisão passiva contabilizando possíveis alterações nos sistemas MEP; fornecer uma estratégia de substituição de instalações que evite desperdícios.</b>	As instalações prediais hidrossanitárias e de climatização foram projetadas de maneira tradicional, embutidas na alvenaria. As instalações elétricas e de cabeamento estruturado foram projetadas no modo aparente.	CART_ESP_TEC PROJ_EST PROJ_ELET PROJ_HIDRO PROJ_CLIMAT PROJ_CAB	As instalações prediais em modo aparente são de fácil acesso, facilitando futuras modificações sem desperdícios e favorecendo a adaptabilidade. As projetadas em modo embutido dificultam reparos, manutenção e substituição de componentes individuais.	Priorizar o projeto de instalações prediais aparentes. BENEFÍCIOS: os mesmos benefícios do item 4.1.
<b>4.4. Elaborar e emitir um documento do Manual de Adaptabilidade</b>	Não há um Manual de Adaptabilidade, como também não são realizadas documentações <i>as-built</i> .	PAD_CONST_ACAB_GER CART_ESP_TEC PROJ_ARQUIT PROJ_EST PROJ_ELET PROJ_HIDRO PROJ_CLIMAT PROJ_CABEAM PROJ_GLP PROJ_DREN PROJ_PCI PROJ_TERRAP PROJ_SPDA	Sem um Manual de Adaptabilidade, não há instruções claras e diagramas para adaptação do edifício a diferentes cenários. Além disso, a falta de documentação <i>as-built</i> impede a implementação eficaz do sistema de gerenciamento de ativos, pois não há informações sobre os materiais e tipos de conexões utilizados.	Elaborar o Manual de Adaptabilidade e a documentação <i>as-built</i> para garantir a segurança, acessibilidade, manutenção eficiente e conformidade legal do edifício escolar. BENEFÍCIOS: redução de emissões de carbono incorporado, diminuição da extração de materiais a longo prazo, permite a adaptação futura do espaço e retém o valor do ativo durante sua vida útil.
<b>5. PROJETAR PARA DESMONTAGEM</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
<b>5.1. Desenvolver ligações reversíveis entre os elementos da superestrutura do edifício</b>	A superestrutura (pilares, vigas e lajes), os envoltórios (paredes, janelas, revestimentos, etc.) do edifício escolar não foram projetadas para desmonte.	PROJ_ARQUIT PROJ_ESTRUT CART_ESP_TEC	A superestrutura e os envoltórios projetados possuem componentes que não podem ser desmontados sem comprometer a estabilidade. Essa característica limita a flexibilidade e adaptabilidade do edifício ao longo de sua vida útil.	Privilegiar os componentes pré-fabricados e passíveis de desmontagem. BENEFÍCIOS: redução das emissões de carbono incorporado a longo prazo; redução da extração de material a longo prazo; permitir a reutilização futura de componentes de construção e reter o valor de cada ativo ao final da vida útil.
<b>5.2. Permitir o acesso a conexões reversíveis entre a estrutura e os serviços prediais.</b>	O projeto do edifício escolar vertical não define o acesso às ligações reversíveis entre a estrutura do edifício e os sistemas prediais	PROJ_ARQUIT PROJ_ELET PROJ_HIDRO PROJ_ESTRUT	As instalações prediais projetadas em modo aparente (elétricas e cabeamento estruturado)	Projetar as instalações prediais priorizando o fácil acesso aos componentes. BENEFÍCIOS: evitar desperdícios de acabamentos e vedações; permitir a substituição reversível de sistemas.

	(instalações elétricas, hidráulicas e de climatização).		apresentam maior acessibilidade para inspeção e manutenção. Já as instalações embutidas (hidrossanitárias e climatização) o acesso só é possível com quebra de alvenaria o que dificulta o desmonte para reutilização.	Simplicidade para realizar intervenções sem comprometer a integridade da estrutura principal; possibilidade de adaptações futuras com menor impacto, aumentando a sustentabilidade e a longevidade do edifício. Acrescentam-se os mesmos benefícios do item anterior.
<b>5.3. Elaborar e emitir um Documento Manual de Desmontagem para a edificação</b>	Não há um documento que registre as estratégias de desmontagem da edificação escolar.	GAPE - SEE	A natureza do projeto do edifício escolar, pensado dentro dos padrões arquitetônicos e construtivos tradicionais, não incorpora a concepção de desmontagem. Além disso, a falta de registros <i>as-built</i> impede a gestão efetiva de ativos, pois não há informações sobre os materiais e tipos de conexões utilizados.	Elaborar a documentação <i>as-built</i> para tornar a manutenção mais eficiente. Desenvolver um Manual de Desmontagem para os componentes possíveis no modelo atual de projeto. <b>BENEFÍCIOS:</b> possuem os mesmos benefícios do item 5 .1.
<b>EIXO ESTRUTURANTE</b>				
<b>III CONSTRUIR COM EFICIÊNCIA</b>				
<b>6. RECUSAR COMPONENTES DESNECESSÁRIOS</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
<b>6.1. Recusar redundância em espaços e superestimar o número de funcionários</b>	O número de salas de aula no MVPE é determinado pela SEE/PE com base na demanda e no número de vagas disponíveis para os alunos. Essa demanda projetada define o quadro de professores e funcionários para atender a escola.	GAPE-SEE SEI-PE PROJ_ARQUIT	Algumas escolas do modelo do MVPE passam por redundância em espaços decorrentes de variações na demanda de alunos nas escolas, como dinâmica demográfica, fatores socioeconômicos, oferta educacional e fatores políticos e administrativos. Isso impacta no quadro de funcionários, levando a um número superestimado ou subestimado.	Monitorar constantemente a demanda, adotar soluções arquitetônicas flexíveis, planejar a expansão em etapas, revisar o quadro de funcionários de forma ágil e integrar a comunidade escolar no planejamento. <b>BENEFÍCIOS:</b> lidar de maneira mais eficiente com as flutuações na matrícula, otimizando a utilização dos espaços e dimensionando adequadamente o quadro de professores e funcionários.
<b>6.2. Eliminar/reduzir a necessidade de estacionamento no local</b>	O MVPE atende às normas municipais para vagas mínimas, vagas para Pessoas com Deficiência, gestante e idoso. Referente à mobilidade urbana o projeto define um bicicletário.	PROJ_ARQUIT	O projeto escolar se limita no atendimento às normas municipais. A Mobilidade é tratada de forma discreta, com a instalação de bicicletário, mas sem infraestrutura de apoio, como vestiários, para incentivar essa alternativa.	Explorar estratégias alternativas de mobilidade que diminuam a demanda por vagas de estacionamento no local. Estudar a integração com transporte público, incentivar o uso de transporte alternativo e priorizar a acessibilidade.
<b>6.3. Priorizar estratégias</b>	Os projetos de	GAPE-SEE	Na fase de	Reduzir a necessidade de intervenção

de manutenção passiva e simples em detrimento de estratégias excessivamente complexas	instalações prediais são estudados e previstos por empresas terceirizadas.		dimensionamento dos projetos de instalações prediais por empresas terceirizadas, estes tendem a superestimar as cargas, ao adotar o direcionamento de ajuste máximo ou mínimo das cargas de pico do sistema.	ativa por meio de escolhas simples e inteligentes de projeto e materiais, em vez de procedimentos excessivamente complexos. BENEFÍCIOS: estratégia de medidas passivas no condicionamento do espaço diminui a demanda de energia e resulta em equipamentos menores, com requisitos de espaço reduzidos.
6.4. Recuse acabamentos sempre que possível	A maioria dos acabamentos internos do projeto de edifício escolar vertical é com muitas camadas. Exemplo o revestimento cerâmico: camada de emboço/chapisco, camada de argamassa colante, revestimento cerâmico e camada de rejunte.	PROJ_ARQUIT CART_ESP_TEC VIS_TÉCN	O uso de materiais com várias camadas no projeto aumenta os custos com mão de obra e financeiros.	Uso de materiais com várias camadas no projeto aumenta os custos com mão de obra e financeiros. BENEFÍCIOS: Proporciona economia em quantidade considerável de materiais.
<b>7. AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO MATERIAL</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
7.1. Evitar materiais intensivos em construções subterrâneas profundas e arranha-céus	O projeto do edifício escolar vertical adota mecanismos visando minimizar a necessidade de terraplenagem.	PROJ_ARQUIT PROJ_ESTRUT CART_ESP_TEC PROJ_TERRAP	No projeto de terraplenagem, os níveis do solo existente são aproveitados para a implantação do edifício, reduzindo aterro ou escavação desnecessária.	Aproveitar os níveis do solo existente para promover integração com o ambiente, reduzir custos e impacto ambiental, comprometer com eficiência, sustentabilidade e respeito ao entorno. BENEFÍCIOS: econômicos e ambientais.
7.2. Reduzir a intensidade de utilização de material na estrutura do edifício através de formas e técnicas estruturais eficientes em termos de material, tais como soluções híbridas e/ou compostas.	O MVPE tem sistema estrutural modular constante de 3,88m x 7,70m, com altura de 3,00 em concreto armado e lajes treliçadas com enchimento em <i>ExpandedPolystyrene</i> (EPS – Poliestireno Expandido ou Isopor).	PROJ_ARQUIT PROJ_ESTRUT	O sistema estrutural modular não está definido por grandes seções transversais desnecessárias. Sua composição reduz o peso do sistema estrutural.	Aprimorar e avaliar alternativas estruturais mais eficientes que as adotadas no modelo atual de projeto vertical, considerando a eficiência dos materiais. BENEFÍCIOS: redução do impacto ambiental, otimização de recursos e diminuição de custos. Soluções híbridas e/ou compostas permitem obter estruturas mais leves e eficientes, contribuindo para a sustentabilidade, durabilidade e viabilidade econômica do projeto.
7.3. Reduzir as dimensões dos componentes da estrutura do edifício através da seleção de materiais de alta resistência	O projeto estrutural é feito com o uso de um sistema híbrido: colunas e vigas de concreto com lajes treliçadas.	PROJ_ARQUIT PROJ_ESTRUT CART_ESP_TEC	O sistema híbrido utilizado no projeto estrutural oferece maior eficiência no uso de materiais e melhor desempenho estrutural.	BENEFÍCIOS: rápida execução devido à facilidade de manuseio, menor necessidade de formas e escoramentos, gerando economia de tempo e mão de obra.
7.4. Utilizar práticas avançadas de engenharia para melhorar a eficiência material dos componentes estruturais e de envolvimento.	No projeto estrutural é utilizada uma engenharia convencional.	PROJ_ARQUIT PROJ_ESTRUT CART_ESP_TEC PAD_CONST_ACAB_GER	A falta de práticas avançadas de engenharia restringe a eficiência dos materiais dos componentes da estrutura e dos acabamentos.	Considerar se as práticas avançadas podem demandar maiores investimentos iniciais e capacitação da mão de obra. Realizar uma análise cuidadosa da viabilidade e dos benefícios de longo prazo, de modo a justificar sua adoção.
7.5. Reduzir o desperdício de materiais na produção e na construção através da pré-fabricação fora do local da estrutura do edifício e dos componentes do	O MVPE não adota produtos pré-fabricados.	PROJ_ARQUIT PAD_CONST_ACAB_GER CART_ESP_TEC	A falta de materiais e componentes pré-fabricados dificulta a rapidez e facilidade na instalação, redução de resíduos. Ex. concretagem de	Utilizar materiais pré-fabricados para alcançar uma obra mais sustentável. BENEFÍCIOS: Diminui resíduo, aumenta a rapidez e facilita a produção e a construção quando produzido fora do local da obra.

envelope.			vigas e pilares na obra.	
<b>EIXO ESTRUTURANTE</b>				
<b>IV CONSTRUIR COM OS MATERIAIS CERTOS</b>				
<b>8. REDUZIR O USO DE MATERIAIS VIRGENS E NÃO RENOVÁVEIS</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
<b>8.1. Maximizar a utilização de componentes recuperados para todas as camadas de construção</b>	Não há prática de utilização de materiais e componentes recuperados no MVPE.	GAPE-SEE	A ausência de materiais e componentes reutilizados não contribui para a redução de matérias-primas na edificação escolar.	Criar uma documentação com especificação de materiais e componentes reutilizado. BENEFÍCIOS: redução de matérias-primas na edificação; promover a utilização de produtos reutilizados e materiais reciclados.
<b>8.2. Utilizar concreto com alto teor secundário</b>	Não há registros no MVPE que contemple o concreto com alto teor secundário. O concreto é utilizado de forma convencional e de acordo normas vigentes. É composto por uma mistura clássica de cimento, água, areia e britas e armadura (barras de aços).	PROJ_ARQUIT PROJ_ESTRUT CART_ESP_TEC	Por não utilizar o concreto de alto teor no MVPE, não há análise avaliativa da ação.	Utilizar o concreto convencional de maneira mais sustentável, minimizando os impactos ambientais e promovendo a construção civil de forma mais responsável. BENEFÍCIOS: eficiência energética, resistência, durabilidade, facilidade de moldagem, disponibilidade e custo acessível. Como também, resistência ao fogo e desgaste, isolamento térmico e acústico, otimização do uso e reutilização e reciclagem.
<b>8.3. Utilizar madeira processada (ou outros materiais de base biológica) em estruturas de edifícios</b>	O MVPE não prescreve madeira processada (ou outros materiais de base biológica) na estrutura do edifício escolar vertical. A estrutura é projetada com concreto armado.	PROJ_ARQUIT PROJ_ESTRUT CART_ESP_TEC	Por não existir madeira processada (ou outros materiais de base biológica) na estrutura do edifício escolar vertical, não há análise avaliativa da ação.	Aplicar madeira processada ou outros materiais biológicos na estrutura de edifícios é complexo devido aos altos custos, necessidade de seleção de materiais adequados e requisitos de controle de qualidade e mão de obra especializada.
<b>8.4. Utilizar materiais de base biológica rapidamente renováveis para o conceito de design de interiores</b>	Não existe na documentação do projeto que contemple a utilização de materiais de base biológica para o conceito de design de interiores. Encontramos no MVPE muitos materiais não biológicos, como: plásticos sintéticos, metais, vidro, cerâmica, tintas e vernizes à base de químicos, espumas, materiais isolantes sintéticos e selantes.	GAPE-SEE CART_ESP_INFRA PROJ_ARQUIT	A não utilização de materiais de base biológica no design de interiores aumenta o impacto ambiental e reduz a matéria-prima.	Escolher materiais de fontes renováveis com ciclos de crescimento curtos. Buscar fornecedores que pratiquem a sustentabilidade em sua produção e considerar a durabilidade, manutenção e procedência dos materiais utilizados. BENEFÍCIOS: promoção da sustentabilidade ambiental, a redução do consumo de energia e de emissões, a melhoria da saúde e do bem-estar dos ocupantes, a valorização da estética natural, o fomento à economia circular e a estimulação da inovação.
<b>8.5. Reduzir o uso de matérias-primas críticas</b>	Essa ação tem relação com a lista elaborada pela União Europeia. Portanto, não se aplica à análise do projeto.	PROJ_ARQUIT PAD_CONST_ACAB_GER	A ação não será avaliada no MVPE, pois está fora do contexto do MVPE	
<b>9. REDUZIR O USO DE MATERIAIS INTENSIVOS EM CARBONO</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
<b>9.1. Acompanhar a pegada de carbono incorporada durante o projeto e definir uma meta global ambiciosa de carbono incorporado para o projeto</b>	Inexiste no MVPE monitoramento da pegada de carbono incorporado no projeto e não há metas para redução de carbono incorporado.	PROJ_ARQUIT	A falta de monitoramento e metas para redução de carbono incorporado no MVPE resulta na ausência de controle e avaliação do impacto ambiental	Definir uma meta objetiva, realizar um levantamento inicial, priorizar materiais de baixa emissão, adotar práticas construtivas sustentáveis, integrar a meta no processo de projeto, monitorar o progresso e engajar a cadeia de suprimentos, visando alcançar a meta estabelecida. BENEFÍCIOS: diminuir o impacto ambiental, reduzir emissões de

			causado pelas emissões de carbono em todas as etapas do projeto.	carbono, melhoria da eficiência energética, conformidade e atendimento aos regulamentos, otimizar especificações e desempenho, melhoria contínua, reduzir custos ao longo do ciclo de vida, aprendizado ao longo de projetos sucessivos e diferenciar o empreendimento pelo compromisso com a sustentabilidade.
<b>9.2. Acompanhar a pegada de carbono incorporada da estrutura do edifício e definir um objetivo inferior aos limites recomendados a nível regional</b>	O MVPE não possui acompanhamento da pegada de carbono nem estabelece metas para redução do carbono incorporado na estrutura do edifício.	PROJ_ARQUIT PAD_CONST_ACAB_ GER CART_ESP_TEC PROJ_ESTRUT	A inexistência de monitoramento do carbono incorporado na estrutura do edifício escolar prejudica a avaliação precisa do impacto ambiental, a transparência do processo, a melhoria contínua e o cumprimento de normas, além de limitar a competitividade do projeto.	Estabelecer um sistema de monitoramento e reporte periódico das emissões associadas aos materiais e processos construtivos, permitindo ajustes e melhorias contínuas ao longo das diferentes etapas de execução. BENEFÍCIOS: idem aos benefícios do item 9.1.
<b>9.3. Acompanhar a pegada de carbono incorporada da envolvente do edifício e definir um objetivo inferior aos limites recomendados a nível regional</b>	Não há meta para reduzir o carbono incorporado nos acabamentos e inexistem atividades específicas para alcançar seu objetivo. O sistema de envelope do edifício utiliza grandes quantidades de materiais intensivos em carbono, como cerâmicas e tijolos.	PROJ_ARQUIT PAD_CONST_ACAB_ GER CART_ESP_TEC	A ausência de verificação do carbono incorporado nos acabamentos do edifício escolar dificulta o controle e avaliação do impacto ambiental das emissões durante a construção. Prejudica a identificação de melhorias sustentáveis, o cumprimento de requisitos normativos e a transparência sobre seu desempenho.	Realizar um levantamento detalhado, estabelecer metas de redução, priorizar materiais de baixo impacto, adotar práticas logísticas eficientes, engajar fornecedores, monitorar periodicamente as emissões e integrar a avaliação do ciclo de vida ao processo de entrega do edifício. BENEFÍCIOS: os mesmos benefícios do item 9.1
<b>9.4. Acompanhar a pegada de carbono incorporada dos sistemas de construção e estabelecer um objetivo inferior aos limites recomendados a nível regional</b>	O sistema construtivo existente é tradicional e utiliza materiais com pegada de carbono, como metais (janelas, corrimões, grades, portões, etc.), plásticos (forros, mobiliários,) vidros, cimento, cerâmica.	PAD_CONST_ACAB_ GER CART_ESP_TEC PROJ_ARQUIT PROJ_EST PROJ_ELET PROJ_HIDRO PROJ_CLIMAT PROJ_CABEAM PROJ_GLP PROJ_DREN PROJ_PCI PROJ_TERRAP PROJ_SPDA	A falta de inclusão de materiais de reciclagem e reutilização eleva consideravelmente a pegada de carbono incorporada na edificação.	Realizar acompanhamento da pegada de carbono incorporada aos sistemas de construção do edifício. Avaliar as emissões de gases de efeito estufa associadas à fabricação, transporte, instalação e uso dos equipamentos, sistemas e materiais que compõem os subsistemas de construção. BENEFÍCIOS: adotar os benefícios idênticos da ação 9.1.
<b>9.5. Acompanhar a pegada de carbono incorporada dos componentes de adaptação dos edifícios e estabelecer um objetivo inferior aos limites recomendados a nível regional</b>	No edifício escolar vertical não existe acompanhamento da pegada de carbono incorporada dos componentes de adaptação durante as mudanças e adequações realizadas no edifício. Nem estabelecimento de metas.	GAPE-SEE	Por não possuir componentes de adaptação no edifício escolar, não há análise avaliativa da ação.	Acompanhar e gerenciar a pegada de carbono dos componentes de adaptação dos edifícios de forma sustentável é necessário: -Medir a pegada de carbono; -Adotar estratégias sustentáveis; -Definir metas e monitorar; -Tomar decisões informadas. BENEFÍCIOS: aplicar os benefícios equivalentes da ação 9.1.
<b>9.6. Projetar para o gerenciamento digital da informação e fornecer informações suficientes</b>	Não há projeto em ambiente 3D, nem criação de projeto de gêmeo digital para	GAPE-SEE	A ausência de disponibilização de um nível detalhado de informações não	Realizar ACV para avaliar o desempenho de carbono do projeto e possibilitar a identificação de materiais intensivos em carbono.

para a ACV	acompanhar o desempenho durante a operação. Também não são realizadas Análises do Ciclo de Vida, contabilizando o valor recuperável futuro.		é suficiente para informar dados e cálculos da pegada de carbono incorporada.	Assim garantir a confiabilidade e precisão dos resultados. BENEFÍCIOS: os mesmos do item 9.1.
<b>10. PROJETO RELIMINANDO MATERIAIS PERIGOSOS/POLUENTES</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
<b>10.1. Rastrear todos os impactos ambientais durante o projeto por meio de ACV detalhada, não apenas carbono, e definir uma meta ambiciosa para o projeto geral (todas as camadas, incluindo vida útil e funcional realista dos componentes)</b>	Não há Avaliação do Ciclo de Vida do edifício escolar vertical.	GAPE-SEE	Sem as Análises de Ciclo de Vida (ACV), não é possível definir metas ambientais, nem monitorar o desempenho do projeto do edifício durante todo o seu ciclo de vida.	Realizar uma avaliação abrangente dos impactos ambientais em todo o ciclo de vida do projeto; estabelecer metas para redução desses impactos, considerando as fases de construção, operação e desmontagem; visar a sustentabilidade e eficiência ambiental. BENEFÍCIOS: visão abrangente do ciclo de vida; definição de metas ambientais mensuráveis; monitoramento do desempenho ao longo do ciclo de vida; identificação de oportunidades de melhoria; comparação de alternativas construtivas; atendimento a requisitos e certificações ambientais.
<b>10.2. Garantir que os materiais e produtos de construção não estão na "Lista Vermelha do Living Building Challenge (LBC)"</b>	Não há utilização de uma lista específica na documentação de projeto, que abranja materiais, produtos químicos e elementos a serem evitados.	PROJ_ARQUIT CART_ESP_TEC	Sem uma lista que identifique os materiais, produtos químicos e elementos "piores da classe" na indústria de construção, fica impossível de identificar os sérios riscos à saúde humana. Entretanto, a disseminação desta lista é limitada em países em desenvolvimento, devido a desafios como disponibilidade de alternativas, custo e conscientização sobre o tema.	Elaborar uma lista específica de materiais, produtos químicos e elementos a serem evitados no projeto, que se encontram disponíveis no mercado. BENEFÍCIOS: redução de impactos ambientais, a promoção da saúde e bem-estar dos ocupantes, o estímulo à inovação e à sustentabilidade no setor da construção, a conformidade com padrões de sustentabilidade e a conscientização e engajamento de profissionais e da sociedade sobre a importância de escolhas de materiais mais saudáveis e ambientalmente responsáveis.
<b>10.3. Usar equipamentos elétricos no local para reduzir o uso de máquinas movidas a combustíveis fósseis no local, para, por sua vez, reduzir o impacto das emissões de nitrogênio, poluição e material particulado na área.</b>	Não há uso de equipamentos elétricos no local. Alguns exemplos de equipamentos utilizados na obra: trator de esteira, rolo compactador, caminhão basculante, betoneira.	GAPE-SEE VIS_TEC	Os equipamentos não elétricos utilizados causam aumento das emissões de nitrogênio, poluição e material particulado na área.	Preferir equipamentos elétricos para redução do impacto das emissões de nitrogênio, poluição e material particulado na área. BENEFÍCIOS: redução das emissões de gases de efeito estufa, eficiência energética, menor poluição sonora, versatilidade e flexibilidade e alinhamento com tendências de sustentabilidade.
<b>10.4. Evitar o uso de materiais perigosos/poluente nos serviços no interior da edificação.</b>	Um exemplo de material perigoso ou poluente utilizado no interior do edifício escolar é a espuma de poliuretano, indicada nos assentamentos de grades de porta.	CART_ESP_TEC	O uso de materiais perigosos ou poluentes presentes no edifício escolar podem causar impacto negativo na saúde humana e no clima.	Realizar pesquisa e seleção de materiais, priorizando produtos que atendam a padrões de segurança e sustentabilidade. BENEFÍCIOS: melhoria da qualidade do ar interno, proteção da saúde dos trabalhadores, conformidade com normas e regulamentos, valorização do empreendimento.
<b>10.5. Evitar o uso de materiais perigosos/poluente no espaço</b>	Existem materiais nas especificações de projeto como perigoso/poluente, como: neoprene, verniz e solvente.	CART_ESP_TEC	Não há advertência para tomar os cuidados necessários no local, o que pode provocar danos a	vas de baixo impacto ambiental, como certificados como sendo livres de ou prejudiciais à saúde. BENEFÍCIOS: Os mesmos do item 10.4.

			saúde humana e no meio ambiente.	
<b>10.6. Gerir os perigos dos materiais legados nos edifícios existentes</b>	Este item não se aplica, pois o projeto da edificação escolar vertical é para novas construções.	GAPE-SEE	Por se tratar de uma construção nova, não temos como avaliar materiais legados nos edifícios existentes.	Nenhum.
<b>11. PROJETAR PARA A NATUREZA</b>				
<b>AÇÕES</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO NA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>FONTE DOS DADOS E INFORMAÇÕES</b>	<b>OBSERVAÇÕES AVALIATIVAS</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b>
<b>11.1. Documentar o habitat local e ecossistemas</b>	Ausência de documentação sobre o contexto ecológico no projeto.	GAPE-SEE	O MVPE se concentra exclusivamente em aspectos estéticos e funcionais, desconsiderando a importância da integração com o ambiente.	Priorizar a harmonia com o meio ambiente em detrimento da construção. BENEFÍCIOS: auxiliar na compreensão das interações ecológicas e na gestão sustentável dos recursos naturais.
<b>11.2. Projetar para aumentar o valor ecológico do local</b>	O projeto do MVPE se limita a atender necessidades funcionais e estéticas imediatas.	PROJ_ARQUIT GAPE-SEE	O projeto não apenas falha em enriquecer o ecossistema, mas também compromete o potencial de criar um espaço que beneficie tanto os usuários quanto o meio ambiente.	Propor aumento do valor ecológico do local com estratégias de sustentabilidade e preservação ambiental. BENEFÍCIOS: preservação da biodiversidade, melhoria da qualidade do ar e da água, e maior resiliência às mudanças climáticas. Além de valorizar imóveis e atrair investimentos, esse enfoque promove a conscientização ambiental e fortalece a conexão da comunidade com o meio ambiente.
<b>11.3. Promover um uso eficiente e circular da água</b>	Não há documentação que aborde o uso eficiente e circular da água.	PROJ_ARQUIT PROJ_CLIMAT PROJ_DREN PROJ_HIDRO	A falta de documentação e planejamento acarreta em desperdício de recursos hídricos, escassez de água e aumento da demanda sobre os sistemas de abastecimento, sobrecarregando as infraestruturas existentes e contribuindo para a degradação dos ecossistemas locais.	Promover o uso eficiente e circular da água com práticas de gestão hídrica. BENEFÍCIOS: redução do desperdício, conservando recursos hídricos e diminuindo custos operacionais.
<b>11.4. Projetar para gestão circular de resíduos municipais</b>	O projeto não prever a gestão circular de resíduos sólidos. E também ignora oportunidades de inovação e eficiência que beneficiem a comunidade local.	PROJ_ARQUIT	A ausência de atuação na geração de resíduos sólidos, falta de estratégias para o manejo adequado dos resíduos e ausência de um plano de gestão de resíduos impedem que o projeto contribua para uma economia circular, que visa maximizar o valor dos materiais e minimizar o desperdício.	Implementação de práticas que promovam a redução, reutilização e reciclagem de materiais. BENEFÍCIOS: redução do volume de lixo enviado a aterros, promovendo a reciclagem e o reaproveitamento de materiais. Diminuição da poluição e dos impactos ambientais, além de economizar recursos naturais. E criar oportunidades econômicas, gerando empregos em setores de reciclagem e compostagem. Conscientização da comunidade sobre a importância da redução de resíduos, incentivando práticas sustentáveis e a responsabilidade ambiental.
<b>11.5. Projetar com soluções inspiradas na natureza</b>	Não foi encontrado nenhuma documentação com soluções inspiradas na natureza.	PROJ_ARQUIT GAPE-SEE	Os procedimentos adotados nas documentações são convencionais e não aproveitam a	Incorporar soluções inspiradas na natureza e alinhar-se aos princípios biomiméticos. BENEFÍCIOS: melhoria da eficiência energética e hídrica, contribuindo para

			eficiência e a resiliência dos sistemas naturais.	a criação de ambientes mais sustentáveis.
--	--	--	---	---

<b>LEGENDA</b>	
CART_ESP_INFRA	Cartilha de Especificações Infraestrutura Escolas
CART_ESP_TEC	Cartilha de Especificação Técnica
DOC_OFIC	Documentos Oficiais
GAPE-SEE	Gerência de Apoio aos Projetos Executivos - SEE
PAD_CONST_ACAB_GER	Padrões Mínimos de Arquitetura e Construção para Implantação das Escolas Estaduais
PROJ_ARQUIT	Projeto Arquitetônico
PROJ_CABEAM	Projetos Cabeamento Estruturado
PROJ_CLIMAT	Projeto de Climatização
PROJ_DREN	Projeto de Drenagem
PROJ_GLP	Projeto de Central GLP
PROJ_HIDRO	Projeto Hidrossanitário
PROJ_ELET	Projeto de Instalações Elétricas
PROJ_ESTRUT	Projeto de Estrutura
PROJ_PCI	Projeto de Combate a Incêndio
PROJ_SPDA	Projeto de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
PROJ_TERRAP	Projeto Terraplenagem
SEI-PE	Sistema Eletrônico de Informações - PE
VIS_TÉC	Visita Técnica

## APÊNDICE B – Propostas para melhoria do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação de Pernambuco pela implantação de princípios do paradigma circular

### PROPOSTAS PARA MELHORIA DO MODELO VERTICAL DE PROJETO ESCOLAR DA SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTES DE PERNAMBUCO PELA IMPLANTAÇÃO DE PRINCÍPIOS DO PARADIGMA CIRCULAR

**Ceci Moura**

Mestre em Gestão Ambiental | IFPE

Arquiteta | GAPE | SEE-PE

Profa. Dra. Rejane de Moraes Rego

Docente Mestrado Profissional em Gestão Ambiental | IFPE

Orientadora

Profa. Dra. Sofia Brandão Rodrigues

Docente Mestrado Profissional em Gestão Ambiental | IFPE

Co - Orientadora

Recife, junho 2025

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – IFPE

Campus Recife

Mestrado Profissional em Gestão Ambiental – MPGA

Elaboração

Severina Ceci de Andrade Moura (Mestranda)

Profa. Dra. Rejane de Moraes Rego (Orientadora)

Profa. Dra. Sofia Suly Ferreira Brandão Rodrigues (Coorientadora)

Produto resultante da dissertação de mestrado:

“Paradigma Circular em Arquitetura, Engenharia e Construção: análise do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco”

Ficha Catalográfica

Banco Internacional de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Moura, Ceci  
Propostas para melhoria do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco pela implantação de princípios do paradigma circular / Ceci Moura, Rejane de Moraes Rego, Sofia Brandão Rodrigues. -- 1. ed. -- Recife, PE : Ed. dos Autores, 2025.  
Bibliografia.  
ISBN 978-65-01-49899-4  
1. Aprendizagem - Metodologia 2. Educação - Metodologia e objetivos 3. Situação - Projeto 4. Meio ambiente 5. Sustentabilidade ambiental I. Moura, Ceci de Andrade. II. Rodrigues, Sofia Brandão. III. - 21003-7.  
22-011463 CDD-319

Endereços para catálogo sistemático:

1. Projeto educacional / Planejamento e gestão / Educação 379

Alina Oliveira Brito - BIBLIOTECA - CDB-1/328

## ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	1
2. O QUE É DESIGN CIRCULAR DE EDÍFIOS	2
3. COMO FOI ANALISADO O MODELO VERTICAL DE PROJETO DE ESCOLAR	4
4. PROPOSTAS	6
5. SIMULAÇÃO DE IMPACTO POSITIVO	10
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
7. REFERÊNCIAS	19

## AGRADECIMENTOS

A realização da pesquisa de mestrado, que resultou nas propostas ora apresentadas, só foi possível pela colaboração de profissionais e gestores da Secretaria de Educação de Pernambuco que permitiram acesso à documentação de projeto do modelo estudado, assim como a flexibilização de horário de trabalho para realização do curso de pós-graduação *stricto sensu*.

A todos os colegas, profunda gratidão!

## 2. O QUE É DESIGN CIRCULAR DE EDIFÍCIOS

O design circular é projeto criativo e inovador que oferece soluções cíclicas e saudáveis em diversas categorias e campos de atividade. Essas soluções não são apenas imprescindíveis, mas viáveis, e podem assumir diversos formatos de acordo com as condições e necessidades locais.

O design circular deve ser aplicado como um método prático de integrar os princípios da economia circular em todas as etapas da projeção. Sendo assim um conceito sistêmico deve ser selecionado para debater os principais desafios do mundo atual, perda de biodiversidade e modificações climáticas que realçam nossa desinformação e requerem novos mecanismos de negócios menos exploradores (Fundação Ellen MacArthur, 2022).

O design circular de edifícios insere-se no contexto mais amplo do design e de seus 4 modelos para circularidade, identificado pelo projeto britânico The Great Recovery Project (2013), registrado no relatório Investigating the Role of Design for the Circular Economy. Esses modelos levam a ações complementares para o processo de transição econômica, com enfoque no desenho de produtos e sistemas para uma economia circular:

1. **Design para longevidade:** prolongar o ciclo de vida do produto, materiais e componentes projetando-os para permanecer em circulação, pela adoção de materiais e componentes duráveis, bem como pela probabilidade de serem consertados ou atualizados (pelos próprios usuários);
2. **Design para serviço ou locação:** gerar novos modelos de negócios, onde produtos transformam-se em serviços e consumidores em usuários, favorecendo tanto empresas quanto clientes e propiciando a recuperação de peças e materiais;

## 1. APRESENTAÇÃO

Esse documento, intitulado "Propostas para Melhoria do Modelo de Projeto Vertical Escolar pela Implantação de Princípios do Paradigma Circular", tem como objetivo apresentar propostas para aprimorar o modelo vertical de projeto da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco (SEE-PE), integrando princípios de design circular.

Serve como um guia prático para arquitetos, engenheiros, gestores escolares e demais interessados em promover a sustentabilidade nas construções educacionais.

O documento instrui sobre o design circular de edifícios, informa sobre as limitações do modelo vertical de projeto escolar em relação à circularidade e orienta sobre propostas viáveis que podem ser implantadas. Para utilizá-lo, recomenda-se uma leitura completa para entender o contexto e as propostas, mas também pode ser consultado pontualmente para informações específicas ou utilizado em discussões em grupo.

A principal função das propostas aqui descritas é promover a sustentabilidade, facilitando a criação de práticas circulares e conectando diferentes partes interessadas, como governo, escolas, profissionais de arquitetura, de engenharia e a comunidade. Ao adotar os princípios do paradigma circular, podemos construir um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

### 3. COMO FOI ANALISADO O MODELO VERTICAL DE PROJETO ESCOLAR

O modelo de projeto vertical da SEE-PE foi analisado por meio da *Circular Buildings Toolkit* (CBT) — Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares — que é uma metodologia robusta desenvolvida para guiar profissionais da arquitetura e de construção civil na adoção de princípios da economia circular em edifícios.

Essa ferramenta aborda desde a fase de planejamento até a gestão do fim de vida útil de um edifício, oferecendo um arcabouço estruturado para a aplicação de conceitos circulares (Pomponi; Moncaster, 2017). O método adota uma estrutura conceitual baseada em quatro pilares principais: (1) não construir nada, (2) construir com valor a longo prazo, (3) construir de forma eficiente e (4) construir com os materiais certos (Fundação Ellen MacArthur, 2013).

O principal objetivo da CBT é promover a transição do modelo linear de construção para um modelo circular, visando a preservação de recursos, a redução de resíduos e a melhoria do desempenho ambiental dos edifícios. Alguns dos benefícios proporcionados pela adoção dessa ferramenta incluem o aumento da vida útil dos edifícios por meio da adaptabilidade e desconstrução planejada, a diminuição do consumo de materiais virgens e energia graças à reutilização e reciclagem, a redução da geração de resíduos de construção e demolição, bem como a melhoria da eficiência energética e da sustentabilidade geral dos edifícios (Arup, 2022).

Para desenvolver a análise e avaliação do MYPE construiu-se um quadro no qual foram registradas informações e avaliações com base na documentação de projeto e em visitas técnicas complementares, para cada ação considerada pertinente ao projeto constante nas estratégias da CBT.

3. Design para remanufatura ou reutilização: desenvolver o produto preparado para um processo industrial que consiste nas etapas de desmontagem do produto usado, na limpeza de suas peças, na reparação ou substituição de peças danificadas. Ou seja, projetar componentes e materiais que possam ser utilizados em várias séries de produto.

4. Design para recuperação ou reciclagem: projetar com intenção de futuro processo de reciclagem, quando componentes e materiais utilizados não possam mais ser empregados pelos modelos anteriores. A apreciação criteriosa de cada um dos materiais que formam um produto, na fase de elaboração e design, está propriamente vinculada ao sucesso desse procedimento.

Edificações projetadas com essa abordagem são mais eficientes, minimizam desperdícios, promovem reutilização de recursos, em todo seu ciclo de vida. O avanço tecnológico — instrumentos computacionais para a modelagem, simulação de comportamento, gêmeo digital, passaporte de materiais, novos materiais e técnicas construtivas, mecanismos de controle e operação, por exemplo — estabeleceu uma mudança paradigmática no design de edifícios que favorece a inserção dos princípios da circularidade.

## 4. PROPOSTAS

Para inserir o modelo vertical da SEE-PE no contexto do paradigma circular, é necessário adotar várias modificações, como:

- **Avaliação do Custo Total do Ciclo de Vida:** considerar todos os custos associados, incluindo manutenção e operação, para justificar investimentos em soluções sustentáveis.
- **Escolha de Materiais Eficientes:** selecionar materiais que promovam durabilidade e reduzam custos de manutenção a longo prazo.
- **Implementação de Espaços Multiusos:** criar infraestrutura flexível que possa se adaptar a diferentes necessidades ao longo do tempo, aumentando a funcionalidade dos edifícios.
- **Documentação Detalhada:** manter registros sobre as características dos materiais e criar manuais que facilitem futuras modificações e garantam a sustentabilidade das construções.

A análise do modelo vertical de projeto ofereceu critérios que possibilitaram não só avaliar o projeto como viabilizar mudanças que podem contribuir para sua inserção no paradigma circular.

Desenvolveram-se ao todo 49 (quarenta e nove) propostas. No entanto, considerando a realidade do MPE, as que apresentam maior aplicabilidade são aquelas relacionadas à eficiência, adaptabilidade, flexibilidade e durabilidade. Para cada uma dessas 4 categorias dividiram-se as propostas de acordo com a viabilidade temporal de sua implantação e implementação, levando-se em conta o contexto local da prática em AECO, as dificuldades inerentes à gestão pública nacional e estadual, as limitações de conhecimento e domínio de conceitos e ferramentas projetuais atuais para prática do design circular de edifícios.

Essa sistematização foi feita para as 52 ações presentes na CBI e distribuídas entre as 11 estratégias definidas pela Arup até a realização da pesquisa. Nem todas as ações propostas pela ferramenta têm aplicação ou puderam ser objeto de análise no contexto da prática local em Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Porém, considerou-se que as ações passíveis de analisar o modelo vertical de projeto validaram o emprego da CBI e permitiram a construção de propostas de alteração no modelo para maior inserção no paradigma circular.

- **Adaptabilidade**

Curto prazo

1. Incorporação de conceitos de multiuso na concepção do projeto.
2. Identificação de tipologias de uso compatíveis.
3. Monitoramento constante da demanda de alunos.

Médio Prazo

1. Previsão de infraestrutura flexível.
2. Elaboração de Manual de Adaptabilidade e documentação as-built.
3. Adoção de Produto-como-Serviço.

Longo Prazo

1. Desenvolvimento de Manual de Desmontagem para os componentes do projeto.

- **Flexibilidade**

Curto prazo

1. Inclusão de espaços com usos intensivos.
2. Facilitação de acesso às instalações prediais.
3. Adoção de instalações prediais aparentes.

Médio Prazo

1. Projeto de espaços com configuração flexível.
2. Soluções flexíveis e adaptáveis a diferentes usos no projeto arquitetônico.
3. Priorização de componentes pré-fabricados e desmontáveis.

Longo Prazo

1. Inclusão de estratégias alternativas de mobilidade e integração com transporte público.

Essas propostas estão alinhadas aos pensamentos dos autores Sá et al. (2023), Azevedo, Sanchez e Pinheiro (2022), Kinguari (2024), Dams et al. (2021), Oliveira, Gonzalez e Kern (2024), Gonzalez e Ribeiro (2022), Oliveira e Fagundes (2024), Oliveira e Souza (2024), Appel, Punhagui e Rebdato (2024), Moses (2022) e Costa e De Freitas Borges (2024), incorporando o paradigma circular ao design de edifícios.

Descrevem-se a seguir as propostas a serem implantadas para melhoria de eficiência, adaptabilidade, flexibilidade e durabilidade do modelo vertical de projeto escolar.

- **Eficiência**

Curto prazo

1. Especificação de materiais sustentáveis, com menos camadas excessivas.
2. Seleção de materiais adequados, com controle de qualidade e mão de obra especializada.
3. Uso mais sustentável do concreto convencional.

Médio Prazo

1. Adoção de medidas passivas de condicionamento do espaço.
2. Aprimoramento e avaliação de alternativas estruturais eficientes para os materiais empregados.
3. Utilização de sistema estrutural que promova eficiência no uso de materiais e melhor desempenho.

Longo Prazo

1. Avaliação de Custo Total do Ciclo de Vida na concepção do projeto.
2. Priorização de materiais provenientes de fontes renováveis.

Exemplos de imagens para as propostas de eficiência:

## 5. SIMULAÇÃO DE IMPACTOS POSITIVOS COM IMPLANTAÇÃO DAS PROPOSTAS

Foi realizada uma avaliação de custos para uma proposta de adaptabilidade para locação de ar-condicionados, com o objetivo de demonstrar a viabilidade financeira de sua implementação no modelo vertical de projeto.

Escolheu-se a proposta de adoção de Produto-como-Serviço e efetuou-se uma comparação entre a aquisição e a locação de ar-condicionados (Tabela 3). A análise considerou o projeto de climatização do MPE, levando em conta as especificações dos modelos de ar-condicionado tipo split utilizados, bem como os valores dos serviços e equipamentos listados em atas de preços de órgãos públicos de Pernambuco. Além disso, foram incluídos os valores de mercado aplicados na região para o serviço de locação, em substituição à aquisição dos equipamentos, de acordo com as (Tabela 1 e 2).

Tabela 1- Climatização do modelo vertical de projeto com aquisição de equipamentos

EQUIPAMENTO	QUANT.	CAPACIDADE	VALOR DOS EQUIPAMENTOS (R\$)	VALOR CONTRATO MANUTENÇÃO (R\$/MÊS)	VALOR INSTALAÇÃO (R\$)
SPLIT PAREDE INVERTER	1	9.000 BTUs	1.578,00	250,00	1.728,00
SPLIT PAREDE INVERTER	2	12.000 BTUs	3.390,00	600,00	3.936,00
SPLIT PISO A TETO INVERTER	40	36.000 BTUs	316.000,00	20.000,00	223.680,00
<b>TOTAL GERAL=</b>				<b>R\$ 20.850,00</b>	<b>R\$ 229.344,00</b>

Fonte: A autora, 2025

- **Durabilidade**

Curto prazo

1. Materiais, produtos e componentes que promovam durabilidade e redução dos custos de manutenção.
2. Documentação detalhada sobre as características e informações dos materiais utilizados.

Médio Prazo

1. Especificação de soluções técnicas para manutenção, substituição e compatibilidade de vida útil do edifício.
2. Documentação de materiais e componentes reutilizáveis.

Longo Prazo

1. Implementação de estratégias de reutilização e reciclagem para minimizar o uso de matérias-primas críticas.

implantação. Para efetuar essa análise financeira, foram considerados diversos critérios, incluindo uma simulação realizada pela empresa SolarMX – Energias Renováveis.

A análise levou em conta o projeto de instalação elétrica da Escola de Lagoa de Itaenga, que possui 12 salas e do cálculo de consumo de energia, resultando os seguintes dados:

- Consumo médio mensal de energia: 14.000,00 kWh/mês.
- Consumo médio anual de energia: 168.000,00 kWh/ano.
- Geração média mensal estimada: 14.964,66 kWh/mês.
- Geração média anual estimada: 179.575,88 kWh/ano.

Os equipamentos necessários para instalação do sistema fotovoltaico estão descritos na Figura 1.

Figura 1: Os equipamentos para instalação



Fonte: Dados da SolarMX (2025).

Proposta para melhoria do modelo vertical de projeto escolar pela implantação de princípios de paradigma circular  
Ceci Moura

12

Tabela 2 - Diminuição do modelo vertical de projeto para locação de Produto-Como-Serviço

EQUIPAMENTO	QUANT.	CAPACIDADE	VALOR LOCAÇÃO (R\$)	VALOR CONTINUA MANUTENÇÃO (R\$/MÊS)	VALOR INSTALAÇÃO (R\$)
SPLIT PAREDE INVERTER 1	1	9.000BT/h	R\$157,00	R\$100,00	R\$1.150,00
SPLIT PAREDE INVERTER 2	2	11.000BT/h	R\$339,00	R\$200,00	R\$2.300,00
SPLIT PISO A TETO INVERTER	40	34.000BT/h	R\$31.466,00	R\$4.000,00	R\$74.000,00
TOTAL GERAL =			R\$ 32.196,00	R\$/MÊS 4.300,00	R\$ 79.450,00

Fonte: A autora, 2025

Tabela 3 - Comparação entre a aquisição e locação de diminuição do modelo vertical de projeto

ITEM	AQUIZIÇÃO	LOCAÇÃO
CUSTO INICIAL	R\$ 320.948,00	R\$/ANO 385.161,40
CUSTO DE MANUTENÇÃO	R\$/ANO 250.200,00	R\$/ANO 51.600,00
CUSTO DE INSTALAÇÃO	R\$ 229.344,00	R\$ 79.450,00
CUSTO TOTAL NO 1º ANO	R\$ 800.512,00	R\$ 515.850,00

Fonte: A autora, 2025

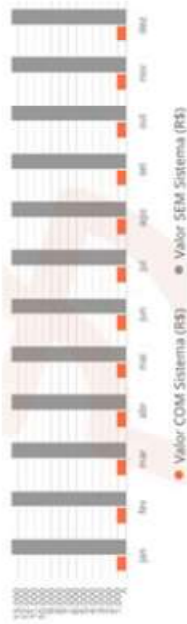
A locação resulta em uma economia de R\$ 285.462,00 (duzentos e oitenta e cinco mil quatrocentos e sessenta e dois reais) no primeiro ano em comparação com a aquisição. A adoção de Produto-como-Serviço evita o investimento inicial significativo e oferece flexibilidade e suporte contínuo. Essa vantagem pode contribuir para uma gestão mais eficiente e econômica dos recursos públicos, mantendo a operação do sistema sem as interrupções prolongadas para consertos que são recorrentes.

Outra simulação realizada de custos para uma proposta de eficiência referiu-se à instalação do sistema fotovoltaico no modelo vertical de projeto, visando verificar a viabilidade financeira de sua

Proposta para melhoria do modelo vertical de projeto escolar pela implantação de princípios de paradigma circular  
Ceci Moura

11

Figura 2. Primeiro ano da fatura de energia.



Fonte: SolarMIX, 2025

Quadro 1 - Indicadores de viabilidade

DESCRIÇÃO	DADOS
VALOR DO SISTEMA	R\$ 254.654,37
REAJUSTE ANUAL DE ENERGIA	10%
PAYBACK (TEMPO DE RETORNO)	1 anos e 7 meses
ROI (RETORNO SOBRE INVESTIMENTO)	54,66 vezes
TIR (TAXA INTERNA DE RETORNO)	70,83 %
VALOR KWH SISTEMA PV	0,07 R\$/kWh (R\$ 0,91 de economia por kWh)
ECONOMIA TOTAL EM 25 ANOS	R\$ 13.918.570,33

Fonte: Dados da SolarMIX (2025). Elaborado pelo autor.

A análise financeira do sistema fotovoltaico para o modelo de projeto vertical revela um investimento viável e lucrativo. Com um valor total de R\$ 254.654,37 (duzentos e cinquenta e quatro mil seicentos

foram incluídos na proposta os serviços de: vistoria técnica e projeto elétrico do sistema; anotação da responsabilidade técnica (ART) do projeto e instalação; obtenção das licenças junto à concessionária de energia local; montagem dos módulos fotovoltaicos com estruturas apropriadas para o tipo de telhado/solo; instalação e montagem elétrica do sistema; gestão, supervisão e fiscalização da obra de instalação; frete incluso de todos equipamentos referentes ao sistema; documentação personalizada do projeto fotovoltaico.

Não foram considerados eventuais serviços de alvenaria, reforço estrutural, e/ou alterações na rede de distribuição as quais eventualmente podem ser solicitadas pela concessionária.

A Tabela 4 apresenta a análise financeira que abrange os aspectos econômicos estimados do projeto e da instalação, considerando-se: a economia gerada, os preços, e a viabilidade financeira.

Tabela 4 - Análise financeira com e sem sistema fotovoltaico ao modelo de projeto vertical

DESCRIÇÃO	SEM SISTEMA (R\$)	COM SISTEMA (R\$)
CUSTO DA CONTA DE ENERGIA MENSAL	13.715,00	1.116,45
CUSTO ESTIMADO DO 1º ANO	165.180,00	13.397,35
ECONOMIA MÉDIA MENSAL ESTIMADA NO 1º ANO	-	12.648,55
ECONOMIA TOTAL ESTIMADA NO 1º ANO	-	151.782,65

Fonte: Dados da SolarMIX (2025). Elaborado pelo autor.<sup>1</sup>

A Figura 2 demonstra o ganho em Reais no período do primeiro ano da fatura de energia COM e SEM o sistema. E o Quadro 1 apresenta os dados dos indicadores de viabilidade.

<sup>1</sup> A economia média mensal e a economia total são apresentadas apenas na coluna "Com Sistema", pois representam a economia gerada pela implantação do sistema fotovoltaico.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente documento registrou propostas de modificações passíveis de implantação no modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco ao paradigma circular e ao design para circularidade. A pesquisa que resultou nas propostas ora apresentadas analisou os fundamentos do paradigma circular, sua aplicação no design de edifícios, para identificar práticas que promovam a sustentabilidade e a eficiência na construção e operação de instituições educacionais.

As principais constatações resultantes da análise e avaliação foram:

1. **Falta de circularidade:** a análise do modelo vertical de projeto escolar (MVPE) revelou que a circularidade é amplamente esquecida nas fases de projeto e construção. Observou-se que apenas algumas ações sustentáveis foram implementadas, muitas vezes de forma parcial e sem um planejamento adequado.
2. **Recomendações para implementação:** a pesquisa propôs uma lista de recomendações essenciais para a adoção do paradigma circular e do design para circularidade. Essas recomendações visam mitigar problemas relacionados à sustentabilidade, abrangendo desde a fase de projeto até o fim do ciclo de vida da construção. Exemplos incluem a escolha de materiais sustentáveis, a implementação de sistemas de gestão de resíduos e a promoção de práticas de reutilização e reciclagem.
3. **Desafios e Limitações identificados:**

- **Resistência à Mudança:** existe uma resistência significativa à adoção de novas abordagens sustentáveis, devido à cultura consolidada de práticas tradicionais na SEE-PE. Para superar essa barreira, é necessário promover a sensibilização e capacitação dos profissionais envolvidos.

Proposta para melhoria do modelo vertical de projeto escolar pela implantação de princípios do paradigma circular  
Ceci Moura

16

e cinquenta e quatro reais e trinta e sete centavos), o sistema apresenta um retorno, em apenas 1 ano e 7 meses, indicando rápida recuperação do investimento.

O retorno sobre investimento (ROI) é relevante, alcançando 54,66 vezes, o que significa que para cada real investido, a Secretaria terá um retorno significativo. A taxa interna de retorno (TIR) de 70,83% demonstra que o projeto supera amplamente as taxas de mercado, tornando-o atraente. A economia total projetada em 25 anos é de R\$ 13.918.570,33 (treze milhões novecentos e dezoito mil quinhentos e setenta reais e trinta e três centavos), permitindo que a SEE-PE reinvesta esses recursos em áreas essenciais. As projeções mensais da conta de energia também mostram uma redução significativa nos custos, reforçando a sustentabilidade financeira e ambiental da iniciativa.

Segundo a Empresa SolarMIX – Energias Renováveis, os valores de geração de energia são estimativas médias mensais e anuais, variando conforme as condições meteorológicas e com base em dados do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CNESES). As projeções de geração, custos e economia consideram o consumo do cliente, a irradiação solar local e uma análise recente de inação energética. O sistema foi desenvolvido para atender ao perfil de consumo e requisitos específicos do cliente, não possuindo partes móveis e exigindo pouca manutenção, com recomendações de limpeza dos módulos a cada 6 meses a 1 ano, especialmente em regiões secas.

Em conclusão a instalação de sistema fotovoltaico para o modelo vertical de projeto apresenta-se como uma excelente oportunidade de investimento, com forte potencial de economia financeira e retorno sobre investimento. Os indicadores de viabilidade demonstram que o projeto é não apenas sustentável, mas também altamente lucrativo.

Proposta para melhoria do modelo vertical de projeto escolar pela implantação de princípios do paradigma circular  
Ceci Moura

15

execução de projetos, será possível não apenas atender às demandas contemporâneas por sustentabilidade, mas também criar ambientes educacionais que inspirem e preparem as futuras gerações para um mundo mais responsável e consciente.

- **Falta de Conhecimento e Expertise:** a equipe de projeto, construtoras e gestores escolares carecem de conhecimento sobre soluções sustentáveis. A oferta de treinamentos e consultorias especializadas é crucial para os profissionais desenvolverem as habilidades necessárias.
- **Impasses Normativos e Regulatórios:** algumas normas e regulamentos não estão alinhados com os princípios do paradigma circular, exigindo um engajamento em processos de revisão e atualização junto aos órgãos competentes.
- **Custos Iniciais Elevados:** há uma percepção de que as soluções circulares são financeiramente onerosas. É fundamental avaliar o custo total do ciclo de vida, considerando os benefícios a longo prazo e buscando fontes de financiamento específicas para projetos sustentáveis.
- **Engajamento da Comunidade:** envolver alunos, professores e funcionários da escola no processo de adoção de soluções circulares é uma tarefa complexa. Atividades educativas, oficinas e campanhas de conscientização são necessárias para estabelecer uma cultura de sustentabilidade dentro da comunidade escolar.
- **Monitoramento e Avaliação:** a complexidade de monitorar e avaliar as edificações é uma dificuldade a ser enfrentada. Investir em alternativas sustentáveis e desenvolver sistemas de monitoramento com indicadores claros e metas de melhoria contínua é essencial para garantir a eficácia das práticas implementadas.

Em suma, a transição do modelo vertical de projeto escolar da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco para um paradigma circular representa um passo crucial em direção à sustentabilidade e eficiência na construção e operação de instituições educacionais.

As propostas e recomendações apresentadas neste documento visam não apenas mitigar os desafios identificados, mas também fomentar uma mudança cultural que valorize práticas sustentáveis. A superação da resistência à mudança, o investimento em capacitação, a revisão de normas e regulamentos, e o engajamento da comunidade escolar são fundamentais para garantir que as soluções circulares sejam adotadas de forma eficaz. Ao integrar a circularidade no planejamento e

- Disertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) — Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, 2023.
- MOISES, Jackson et al. A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL E O PAPEL DO ARQUITETO: UMA REVISÃO NARRATIVA. *Revista Mundi Sociais e Humanidades (RSMH)*, v. 7, n. 2, 2022.
- OLIVEIRA, Eduardo Alves; FAGUNDES, Fabiano. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONSTRUÇÃO MODULAR E CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 7, n. 1, 2024.
- OLIVEIRA, Jordana de; GONZALEZ, Marco Aurelio Stumpf; KERN, Andrea Parisi. Análise do projeto para desmontagem e desconstrução como ferramenta da economia circular da construção civil. *Ambiente Construído*, v. 24, p. e133051, 2024.
- OLIVEIRA, Patrick peres; DE SOUZA, Guilherme Torres. INOVAÇÕES E TENDÊNCIAS DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: uma revisão bibliográfica. *REMUNOM*, v. 12, n. 3, p. 1-17, 2024.
- POMPONI, Francesco; MONCASTER, Alice. Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of cleaner production*, v. 143, p. 710-718, 2017.
- SÁ, Clayton Pereira et al. Cidades inteligentes e economia circular: perspectivas para o desenvolvimento urbano sustentável. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 8, n. 1, p. 1-20, 2023.
- SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTES DE PERNAMBUCO. Disponível em: <https://portal.educacao.pe.gov.br/>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- THE GREAT RECOVERY - Redesigning The Future. Investigating the role of design in the circular economy - Report 01. Inglaterra, KSA Innovate UK, Inglaterra, 2013. Disponível em: <http://www.greatrecovery.org.uk/resources/the-great-recovery-report/>. Acesso em 15 ago. 2023.

## 7. REFERÊNCIAS

- APPEL, Jean Carlos Ravanelli; PUNHAGUI, Kaia Regina Garcia; REBELATO, Danielly Letícia. Estratégias para desmaterialização de edificações: uma abordagem exploratória. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, v. 20, p. 1-13, 2024.
- ARUP. *Circular Buildings Toolkit: Decarbonise your project with this step-by-step guide*, 2022. Disponível em: <https://ce-toolkit.dhub.arup.com/>. Acesso em 12 out. 2023.
- COSTA, Marco Aurélio Pestana; DE FREITAS BORGES, Fernanda. SOLUÇÕES SOCIOAMBIENTAIS AUTOSUSTENTÁVEIS EMERGENTES: fluxo de valor orientado à Eco-Neokenomics. *Simpósio de Tecnologia Fatec Jaboticabal*, v. 4, n. 1, p. e4111-e4111, 2024.
- DAMS, Barrie et al. A circular construction evaluation framework to promote designing for disassembly and adaptability. *Journal of Cleaner Production*, v. 316, p. 128122, 2021.
- DE AZEVEDO, J. J. S.; SANCHES, A. E.; PINHEIRO, Érika C. M. Técnicas construtivas em gesso acartonado: utilização e viabilidade na construção de salas comerciais estudo de caso em Manaus-AM / Construction techniques in plasterboard: use and feasibility in the construction of commercial rooms case study in Manaus-AM. *Brazilian Journal of Development*, [S. L.], v. 8, n. 5, p. 38507-38525, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n5-378. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJD/article/view/48211>. Acesso em: 17 may 2025.
- Ellen MacArthur Foundation. (2020). *Circular Economy: A Wealth of Flows*. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Circular-Economy-A-Wealth-of-Flows.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2024.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Towards the Circular Economy*. Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition, 2013. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an-accelerated-transition>. Acesso em 07 jul. 2024. (EMF, 2013).
- GONCALVES, Daniel Birtali; RIBEIRO, Edson. O REUSO DE CONTAINERS MARÍTIMOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL SOB A PERSPECTIVA DA ECONOMIA CIRCULAR. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, p. 107-119, 2022.
- KINGUAMI, Didiotto Marcos Alberto. *Da Economia Linear à Economia Circular: abordagens e desafios para uma Economia Sustentável no século XXI*. 2023.

## ANEXO A - Versão em tradução livre da *Circular Building Toolkit*

### *Circular Buildings Toolkit*

#### Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares

##### Apresentação

O material aqui registrado trata-se de tradução aproximada e livre, realizada pela professora Dra. Rejane de Moraes

Rego, do CIRCULAR BUILDINGS TOOLKIT (Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares) com objetivo de facilitar o estudo e compreensão da ferramenta, para possíveis aplicações por seus estudantes.

A fonte primária encontra-se em <https://ce-toolkit.dhub.arup.com/>.

O **Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares** (*Circular Buildings Toolkit*) foi desenvolvido em parceria pela empresa ARUP e a Fundação Ellen MacArthur, com objetivo de enfrentar a “mentalidade de pegar, fazer, desperdiçar” da indústria da construção civil.

Com mais de 75 anos de atuação, a empresa ARUP dedica-se ao desenvolvimento sustentável, sendo constituída por um coletivo de 18.500 designers, consultores e especialistas que trabalham em 140 países.

O conjunto de ferramentas fornece exemplos de orientação e vida real de como os princípios da economia circular podem ser aplicados ao projeto e às operações de construção de edifícios. Inclui estudos de caso de melhores práticas de projetos recentes em todo o mundo, destacando diferentes conceitos da Economia Circular.

O conjunto de ferramentas consta de 4 “**eixos estruturantes**”<sup>10</sup> para os quais foram definidas uma ou mais **estratégias**. E, para cada estratégia, estabelecida uma ou mais **ações**.

Os “**eixos estruturantes**” são:

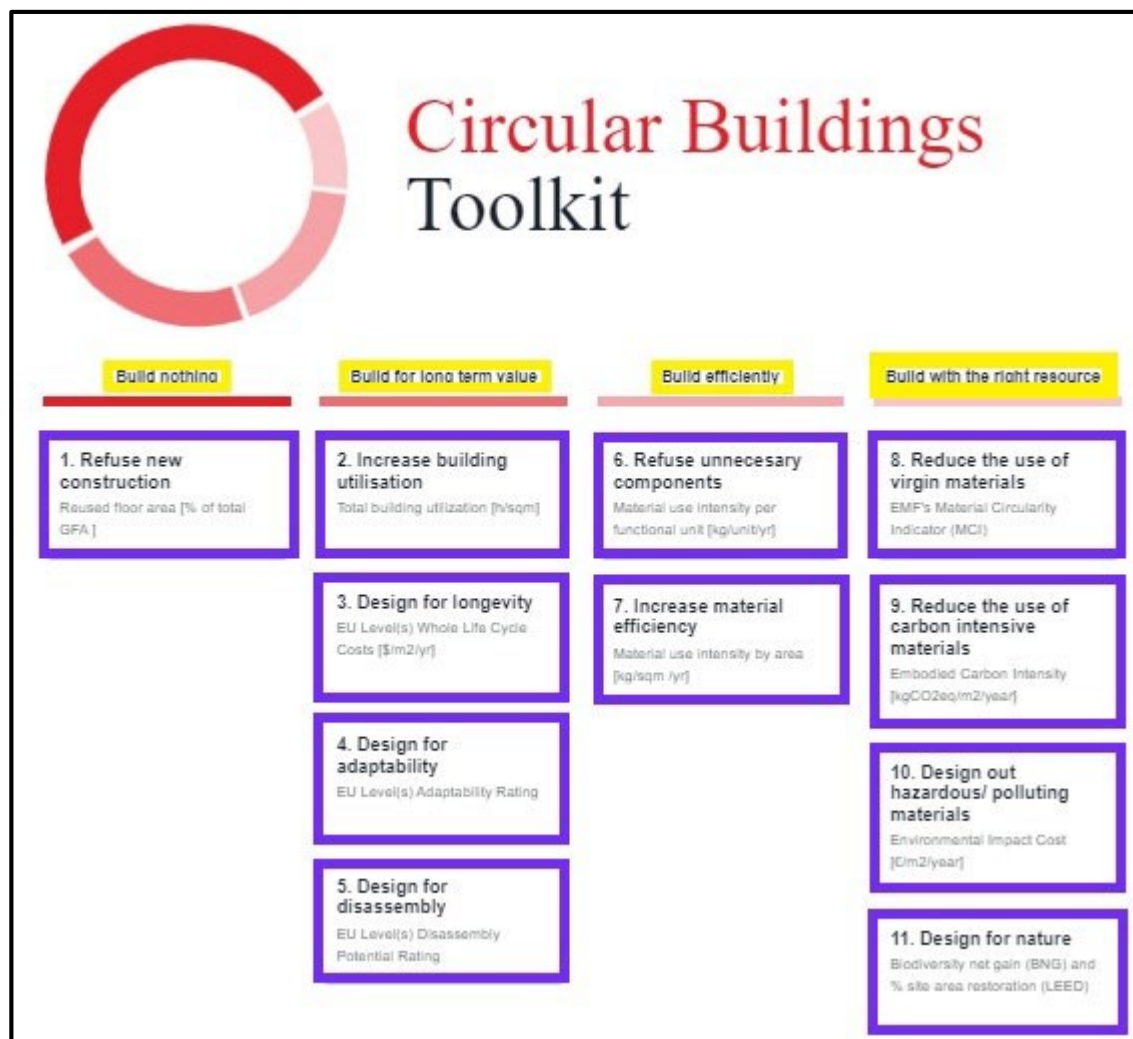
- I – Não construir (*Build nothing*)
- II – Construir para uso a longo prazo (*Build for a longtermvalue*)
- III – Construir com eficiência (*Build efficiently*)
- IV – Construir com os materiais certos (*Build withtherightmaterials*)

Cada estratégia apresenta: descrição, indicador-chave de desempenho, benefícios, desafios e um infográfico que registra o nível de impacto, a fase principal de projeção e o impacto do projeto nas áreas de design, arquitetura, estrutura, fachadas, instalações e interiores.

A seguir apresenta-se o quadro síntese da ferramenta, obtido em <https://ce-toolkit.dhub.arup.com/framework>, ao qual fizeram-se destaques em cores para melhor compreensão. Marcaram-se em **amarelo os 4 eixos estruturantes** da ferramenta. Em **roxo foram destacadas as estratégias** definidas e relacionadas a cada eixo. No texto que se segue ao quadro, estão as descrições das **estratégias** e das respectivas **ações estabelecidas** para cada estratégia, as quais estão registradas **em verde**. Ao final da descrição de cada ação consta **em azul o registro de envolvimento na ação**: a(s) disciplinas de projeto; principais profissionais/áreas de atuação; principal(is) fase(s) de projeto; ferramentas disponíveis para aplicação. Optou-se por não registrar os projetos de referência para a ação, como consta no material original.

Quadro Síntese do Conjunto de Ferramentas para Edifícios Circulares

<sup>10</sup> A denominação “eixos estruturantes” é nossa, visando melhor compreensão da organização hierárquica do Conjunto de Ferramentas.



## DETALHAMENTO DO CONJUNTO DE FERRAMENTAS PARA EDIFÍCIOS CIRCULARES (tradução aproximada com adaptações)

### LNÃO CONSTRUIR

#### Estratégia 1 - RECUSAR NOVAS CONSTRUÇÕES DESNECESSÁRIAS

**Descrição:** As decisões tomadas nos estágios iniciais de um projeto têm o maior impacto potencial. É necessária uma análise questionando profunda e cuidadosamente o resumo do projeto em relação às necessidades do cliente, para decidir se um novo edifício é a melhor maneira de atender a essas necessidades. Esta estratégia visa evitar o uso intensivo de materiais ligados à construção de um novo edifício, reavaliando primeiro se uma construção é necessária para os requisitos previstos e, em caso afirmativo, avaliando se um edifício existente pode ser usado para atendê-los.

**Indicador-chave de desempenho:** Reutilização da superfície utilizável existente: Percentagem da área útil reutilizada em percentagem da área bruta total do projeto [%]

#### Benefícios

- Reduzir as emissões de carbono incorporado
- Reduzir o desperdício resultante de obras de demolição
- Minimizar a extração de novos recursos

- Atribuir valor aos materiais processados existentes, criando um novo mercado para produtos descartáveis
- Proteção de edifícios patrimoniais
- Potencial de menor intensidade de custo

#### Desafios

- Alcançar a conformidade com os regulamentos técnicos aplicáveis
- Disponibilidade e qualidade das informações sobre o ativo existente (materialidade e desempenho técnico)
- Qualidade arquitetônica dos ativos existentes (estética ultrapassada)
- Requisitos de patrimônio rigorosos que restringem as oportunidades de projeto
- Confirmação da vida útil residual dos principais elementos estruturais



#### **Ação 1.1. Reutilizar, renovar ou reaproveitar um bem existente.**

Descrição: Em vez de desenvolver um novo espaço de construção para acomodar funções, a reutilização de espaço existente pode ser um uso mais eficaz de energia e materiais. Para além da reutilização de uma estrutura existente, outras camadas do edifício, como a "pele" e os "serviços", também podem ter potencial para serem reutilizadas. A extensão da economia de material dependerá muito do estado e da flexibilidade do ativo existente. Ao reutilizar componentes individuais ou camadas completas da construção, a vida útil residual precisa ser investigada e avaliada minuciosamente.

#### Sub-ações

- Questionar o *briefing* do projeto em relação às necessidades do cliente para refletir se ele representa a solução mais eficiente;
- Revisar os ativos disponíveis na carteira do cliente e avaliar o potencial de uso eficiente e flexível do espaço e recursos disponíveis;
- Contratar um consultor de sustentabilidade durante a fase de Definição Estratégica;
- Sensibilizar para a futura regulamentação/requisitos europeus no que diz respeito ao carbono incorporado e à economia circular;
- Realizar um estudo de viabilidade entre opções de renovação/nova construção, adicionando carbono incorporado, uso de material virgem e *Life Cycle Cost* (LCC – Custo do Ciclo de Vida) como critérios de avaliação (Avaliação de Ciclo de Vida simplificada);
- Realizar avaliações técnicas para avaliar a qualidade da estrutura, fachadas e sistemas existentes, bem como seu potencial de reutilização. Gerar um inventário completo de materiais de construção;
- Revisar as propriedades de isolamento térmico da parede externa, melhorar o desempenho do isolamento térmico considerando a camada de isolamento de carbono de baixa incorporação para facilitar o baixo ganho/perda de calor do interior;
- Rever as propriedades de envidraçamento existentes em termos de coeficiente de sombreamento, transmitância visível e condutividade;

Disciplinas de projeto: todas

Principais partes interessadas: Arquitetos

Fase principal de Projeto: Definição estratégica

## II - CONSTRUIR PARA USO A LONGO PRAZO

### **Estratégia 2 - AUMENTAR A UTILIZAÇÃO DO EDIFÍCIO**

Descrição: Aumentar a utilização do espaço em um edifício é fundamental para minimizar o consumo global de recursos. A capacidade de acomodar várias funções em um único espaço (multiuso de áreas) deve ser projetada no programa de construção desde o início. Esta estratégia visa reduzir o consumo inicial de recursos,

maximizando a utilização dos espaços e evitando períodos livres de utilização no programa de construção. Uma utilização consideravelmente otimizada pode ser alcançada através da exploração dos conceitos de "partilha de espaço" e "multiutilização", seguindo os esquemas de partilha já profundamente presentes e bem-sucedidos noutros sectores. O potencial de utilização futura é explorado em "*Design for Adaptability*" (Design para Adaptabilidade).

Indicador-chave de desempenho: Utilização total do edifício: Horas acumuladas de ocupação, definidas como o total de horas\*persona passadas no edifício em uma base semanal, e normalizadas por metro quadrado [horas/m<sup>2</sup>]

#### Benefícios

- Reduzir as emissões de carbono incorporado
- Reduzir o desperdício resultante de obras de demolição
- Minimizar a extração de novos recursos
- Potenciais economias de custos para usuários e proprietários devido à maior utilização do espaço

#### Desafios

- Hesitação no setor da construção em investigar os esquemas de partilha que já foram bem-sucedidos noutras empresas;
- A aceitação de regimes multiusos não está igualmente presente entre todos os grupos populacionais;
- Efeitos de rebote resultantes da criação de um mercado de compartilhamento de espaço que será adicionado e não parcialmente substituído pelo sistema tradicional de uso único;
- Aumento dos requisitos técnicos para acomodar múltiplos usos;
- Hesitação devido a questões de segurança e confidencialidade resultantes de um esquema de partilha de espaço;



### **Ação 2.1. Aumentar o potencial multiuso dos espaços de construção**

Descrição: Projetar ativos para um único tipo de uso, isso resulta em utilização limitada do espaço durante o dia/mês/ano. Os conceitos multiusos podem ser explorados e incluídos no programa de construção para aumentar a utilização do espaço ao longo do tempo e, assim, aumentar a utilização dos recursos materiais introduzidos no edifício. Ao usar o espaço para multiuso, a área total necessária para as funções desejadas pode ser otimizada.

#### Sub-ações

- Analisar projetos multiuso bem-sucedidos e questionar se tais projetos também poderiam ser bem-sucedidos no contexto atual do projeto, localização e comunidade;
- Perguntar se modelos de uso alternado ou simultâneo podem ser adequados para a área pretendida;
- Para "Uso Alternado", investigue os usos complementares mais adequados. Os edifícios de escritórios, por exemplo, podem ser complementados com cursos noturnos educativos, exposições ou recepções (mais fácil para outros tipos de utilizadores, como escolas ou centros culturais);
- Para "Uso Simultâneo", explore os conceitos de "*coworking*" ou "*co-living*", onde a utilização das áreas comuns é otimizada;
- Rever a disponibilidade de plataformas digitais locais que promovam e apoiem a utilização partilhada do espaço;

Disciplinas de projeto: todas

Principais partes interessadas: Arquitetos

Fase principal de Projeto: Preparação e Briefing

Ferramentas disponíveis: Lista de verificação DGNB para multiutilização de áreas

### Ação 2.2. Criar as condições físicas gerais para permitir a implementação multiuso

**Descrição:** Procure espaços flexíveis que possam (facilmente) acomodar vários fins funcionais durante a vida útil inicial pretendida, maximizando assim a sua utilização atual sem a necessidade de *retrofit*. A flexibilidade precisa ser avaliada sob vários parâmetros de desempenho técnico, como desempenho estrutural, materiais estruturais, durabilidade, acústica e conforto térmico. Permitir a flexibilidade pode resultar em usos mais antecipados de materiais específicos do projeto. No entanto, o uso global de material seria consideravelmente menor se considerado o seguinte: (a) economia total no ciclo de vida evitando reformas futuras; (b) evitando a necessidade de outros projetos de construção (dentro da carteira do cliente).

#### Sub-ações

- Desenhar um layout de placa de piso para o edifício, exibindo como ele funcionaria para, pelo menos, um caso de uso diferente do principal;
- Determinar a compatibilidade de usos e atividades em um mesmo espaço para aspectos técnicos como cargas estruturais, durabilidade, adaptação acústica e requisitos energéticos entre outros;
- Reduzir o número de paredes internas de suporte de carga para permitir configurações de espaço interno mais flexíveis;
- Considerar as suposições de carga dinâmicas que abrangem o uso flexível;
- Investigar maiores pés-direito para dar mais agilidade no encaminhamento dos serviços;
- Analisar se vãos maiores permitiriam mais configurações de espaço interno;
- Considerar sistemas de grade padronizados de projeto que permitam a realocação de componentes de fácil montagem para facilitar a implementação de espaços multifuncionais;
- Considerar todos os requisitos adicionais para que os espaços possam ser utilizados para vários fins e em diferentes horários "comerciais". Alguns aspectos a serem considerados são:
  - Segurança (acesso em horários não tradicionais, controle de acesso, separação de "áreas comuns");
  - Acesso a instalações sanitárias;
  - Requisitos adicionais para o condicionamento do quarto;
  - Equipamentos básicos flexíveis;
  - Acústica de salas e edifícios;
  - Rotas de fuga;

Disciplinas de projeto: todas

Principais partes interessadas: Engenheiros de Estrutura

Fase principal de Projeto: Coordenação Espacial e Projeto Conceitual Técnico

Ferramentas disponíveis: Lista de verificação DGNB para multiutilização de áreas

### Ação 2.3. Concepção para uma maior utilização de espaços regularmente "vazios"

**Descrição:** Os programas tradicionais de espaço de construção incluem espaços com baixa utilização, mesmo durante o horário "comercial". Espaços como átrios, *lobbies* e salas de conferências, embora úteis e necessários, são materialmente intensivos quando se contabiliza sua ocupação do espaço. Projetar esses espaços para que eles possam hospedar usos mais "intensivos", como reuniões e usos comerciais, aumentaria o espaço geral e, portanto, a eficiência material do projeto.

#### Sub-ações

- Identificar espaços no programa de construção que tradicionalmente teriam uma baixa taxa de utilização;
- Identificar mais usos "intensivos" de tempo que já são necessários ou poderiam ser adicionados ao *brief* do projeto, que poderiam ser colocados nesses espaços de "baixa utilização";
- Considerar os requisitos técnicos e de espaço dos usos mais intensivos em tempo e como eles poderiam ser atendidos em um espaço maior;

Disciplinas de projeto: Projeto de Envoltória

Principais partes interessadas: Engenheiros de Fachada

Fase principal de Projeto: Coordenação Espacial e Projeto Técnico Conceitual

Ferramentas disponíveis: Lista de verificação DGNB para multiutilização de áreas

#### **Ação 2.4. Projetar unidades locais de desempenho de edifícios para que possam trabalhar em várias configurações e requisitos de espaço**

Descrição: Projete as unidades de desempenho do edifício com múltiplas funções em mente, para que os espaços possam atender aos requisitos de desempenho técnico de mais de um tipo de uso. Pode-se pensar em desempenhos construtivos como ventilação, aquecimento e encanamento. A implementação desta ação poderia provavelmente exigir mais material no início, mas considerando a necessidade reduzida de projetos/edifícios adicionais, espera-se que seja mais eficiente em termos de materiais ao longo de todo o ciclo de vida.

##### Sub-ações

- A partir da lista de multiusos considerados, identifique aquele que representa os requisitos críticos para cada sistema (taxas de ventilação, níveis de iluminação, etc.)
- Projetar os sistemas de construção para fornecer gradualmente para aqueles usos com requisitos adicionais, em vez de projetar sistemas únicos de grande porte com capacidade excedida
- Integrar sistemas de controle de demanda e equipamentos de velocidade variável para facilitar operações de carga parcial sob diferentes usos funcionais
- Projeto de sistemas de distribuição simplificados e modulares
- Considerar sistemas de grade padronizados de projeto, que permitem que componentes facilmente montados sejam realocados para facilitar a implementação de espaços multifuncionais
- Considere projetos de serviços de engenharia flexíveis, como sistema híbrido de climatização, difusor de ar em dutos flexíveis, luminárias móveis e iluminadores
- Reduzir o uso de infraestrutura embarcada para energia, dados e sistema de climatização.

Disciplinas de projeto: Sistemas de Instalações (*Mechanical-Eletrical-Plumbing* – MEP) Principais partes interessadas: Engenheiros de Instalações

Fase principal de Projeto: Projeto Técnico

Ferramentas disponíveis: Lista de verificação DGNB para multiutilização de áreas

#### **Ação 2.5. Fazer de paredes internas versáteis/flexíveis/móveis para o layout do espaço para suportar multiuso.**

Descrição: Projete as paredes internas com múltiplas funções em mente, otimizando assim a utilização do edifício. Pode se pensar em divisórias de sala deslizantes e rolantes para que as configurações de sala possam ser alteradas em questão de minutos. A implementação desta ação provavelmente exigiria mais material em comparação com espaços fixos não flexíveis, mas considerando a necessidade reduzida de espaços adicionais, espera-se que seja mais eficiente em termos materiais.

##### Sub-ações

- Particularmente para projetos comerciais/educacionais/de escritório, minimizar as superfícies exclusivas que são usadas por curtos períodos de tempo por dia (salas de reunião, salas de descanso, auditórios, etc.)
- Investigue se esse tipo de espaço poderia seguir um formato pop-up, em vez de um formato fixo
- Pesquise a cadeia de suprimentos local para componentes flexíveis de acabamento interno, como paredes divisórias deslizantes e unidades de armazenamento compressíveis
- Implementar uma abordagem de projeto modular com detalhes de conexão padronizados para permitir a configuração flexível de espaços maiores ou menores, conforme necessário em um determinado momento

Disciplinas de projeto: Acabamento interior

Principais partes interessadas: Designer de interiores

Fase principal de Projeto: Projeto Técnico

Ferramentas disponíveis: Lista de verificação DGNB para multiutilização de áreas

### **Estratégia 3. DESIGN PARA LONGEVIDADE**

Descrição: Esta estratégia visa maximizar o valor do edifício e de seus componentes ao longo do tempo, otimizando a retenção de valor e o potencial de recuperação de valor. No nível do edifício, visa preservar a arquitetura atemporal que as pessoas amam e cuidam, projetando e selecionando produtos duráveis que possam resistir ao teste do tempo. Ao nível dos componentes, a estratégia visa utilizar produtos e materiais duráveis que garantam uma longa vida útil, de preferência para além da vida útil necessária, para que possam ser adaptados e reutilizados no futuro. Componentes de longa duração estão diretamente ligados ao seu respectivo projeto, pois o projeto define a linha de base para a qualidade de um elemento, necessidade de manutenção, necessidade de reparo, adaptabilidade e valor residual quando removido.

**Indicador-chave de desempenho:** Retenção e recuperação de valor ao longo de todo o ciclo de vida. Um bom indicador para avaliar a retenção de valor é o Custo do Ciclo de Vida (de acordo com o Indicador 6.1 dos Custos do Ciclo de Vida ao(s) Nível(s) da UE), contabilizando a vida útil funcional real do edifício e de cada componente individual, bem como avaliando os retornos potenciais devido a esquemas de *sell-back* e ao elevado valor residual dos componentes. [\$/m<sup>2</sup>/ano]

#### Benefícios

- Reduzir as emissões de carbono incorporado a longo prazo
- Reduzir a extração de material a longo prazo
- Permitir que os futuros inquilinos adaptem o espaço às suas necessidades antecipadas
- Permitir a reutilização futura de componentes de construção
- Reduzir custos ao longo de todo o ciclo de vida do edifício

#### Desafios

- Pode resultar na necessidade de maiores quantidades de material para o primeiro uso, mas ainda assim benéfico ao longo do ciclo de vida total
- Pode resultar em maiores impactos ambientais para o primeiro uso, mas ainda benéfico ao longo do ciclo de vida total



### **Ação 3.1. Conceção para a adaptabilidade/resiliência climática futura**

**Descrição:** A resiliência às alterações climáticas deve ser incorporada no processo de concepção projetual, a fim de garantir um desempenho futuro adequado do edifício e manter o seu valor – em particular as camadas e sistemas do edifício com uma longa vida útil. A preparação para o futuro, no entanto, frequentemente leva a projetos que exigem mais materiais para atender a requisitos de desempenho mais onerosos. Portanto, recomenda-se seguir uma abordagem por etapas, considerando a adaptabilidade incremental, em vez de projetar para o pior cenário futuro distante.

#### Sub-ações

- Não limitar o projeto às normas técnicas atuais ao definir limiares/pontos de ajuste (por exemplo, temperatura, profundidade da precipitação, intensidade sísmica, forças do vento, etc.);
- Realizar uma avaliação do risco climático do local do projeto seguindo estruturas como as descritas no TCFD (*Task Force on Climate-Related Financial Disclosures*) ou na Taxonomia da UE e ter em conta os resultados ao determinar os parâmetros de projeto para os serviços de construção, envelope e estrutura;
- Faça uso de ferramentas digitais para avaliar as condições climáticas futuras projetadas da localidade do seu projeto;
- Desenvolver um plano de adaptabilidade climática em etapas, com passos claros para lidar com a piora do clima por disciplina de projeto;
- Usar prazos apropriados para projeções climáticas, dependendo da vida útil esperada da camada de construção;
- Priorizar estratégias de resiliência passiva em detrimento de infraestrutura técnica maior;
- Levantar em consideração futuros possíveis cenários de reutilização;
- Os perigos relacionados às mudanças climáticas que podem potencialmente afetar o desempenho operacional do ativo são, entre outros: a) ondas de calor mais longas e extremas e períodos de geada; b) chuvas de curta duração mais intensas; c) períodos de seca mais longos; d) chuvas mais pesadas. Outros perigos que devem ser contabilizados incluem: a) inundações de rios ou chuvas; b) tempestades de vento mais fortes; c) subsidência do solo; d) eventos sísmicos.

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Engenheiros mecânicos e eletricitas

Fase principal de projeto: Projeto Arquitetônico Conceitual

Ferramentas disponíveis: WheatherShift

### Ação 3.2. Priorize elementos modulares em vez de soluções sob medida e evite edifícios com geometrias complexas

Descrição: A singularidade de um projeto está tradicionalmente relacionada ao maior valor. No entanto, muitas vezes isso também pode se traduzir em flexibilidade reduzida e reutilização do espaço e dos componentes do edifício. Elementos não padronizados/sob medida têm chance reduzida de serem recuperados e reutilizados.

Além disso, os processos de fabricação de elementos padrão são otimizados para reduzir o desperdício, o que não é necessariamente o caso de produtos sob medida. O mercado é pequeno para elementos únicos usados, mas não para projetos únicos. A inovação e a singularidade também podem ser alcançadas através do uso inteligente de elementos padronizados e modulares.

#### Sub-ações

- Corrigir o conceito/desafio arquitetônico do projeto para alcançar o resultado desejado usando componentes padronizados/modulares;
- Seguir as dimensões padronizadas do chão ao chão;
- Ordenar o espaço arquitetônico para incorporar grelhas ou esquemas normalizados (ou seja, uniformizar as alturas do chão ao chão em todas as tipologias e grelhas dos edifícios, ou seja, 9x9, 4,5x4,5, 3x3, etc.);
- Evitar formas arquitetônicas complexas sempre que possível;
- Realizar uma avaliação preliminar do Custo do Ciclo de Vida, comparando um projeto sob medida usando elementos sob medida com um projeto usando elementos modulares padrão;
- Envolver-se com potenciais fabricantes locais para entender os sistemas disponíveis e modulares nos quais o projeto pode ser baseado;
- Incluir o potencial de desmontagem como critério de seleção ao consultar e se envolver com fabricantes locais;
- Fazer uso de ferramentas paramétricas digitais para obter geometrias e desempenho otimizados através da colocação inteligente de componentes padrão em vez de únicos, ainda a serem desenvolvidos.

Disciplinas de projeto: Design de envoltórias

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Design Técnico

Ferramentas disponíveis: LCA com um clique

### Ação 3.3. Investigar esquemas de Produto como Serviço para componentes que se espera que tenham uma vida útil curta ou média no projeto

Descrição: Certos elementos de um edifício são frequentemente substituídos antes de terem chegado ao fim da sua primeira vida funcional. Por exemplo, elementos de fachada, serviços ou design de interiores são frequentemente substituídos devido a uma mudança no inquilino do espaço ou simplesmente como uma atualização de projeto. Os esquemas de Produto como Serviço ou de *leasing* promovem um pagamento pela utilização efetiva de certos elementos (seja por tempo, ciclos ou desempenho), em vez de uma aquisição total do produto físico. Esses esquemas promovem muito a retenção de valor dos produtos atendidos, maximizando a manutenção proativa, bem como o potencial de reutilização e reciclagem.

#### Sub-ações

- Analisar estudos de caso em que foram implementados sistemas de Produto como Serviço ou de *leasing*. Os componentes comuns oferecidos ao abrigo de tais regimes são o envelope do edifício, os elevadores, o equipamento MEP de grande dimensão, a iluminação e os elementos de design de interiores;
- Pesquisar e se envolver com os fabricantes que já fornecem tais esquemas. Como alternativa, envolver-se com fabricantes conhecidos e confiáveis para avaliar juntos o potencial de implementação;
- Realizar pesquisas sobre as melhores práticas legais que minimizam o risco tanto para o cliente quanto para a cadeia de suprimentos;

Disciplinas de projeto: todas as disciplinas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto Arquitetônico Conceitual

### **Ação 3.4. Maximizar a durabilidade da estrutura do edifício através de cuidadosa seleção, proteção e manutenção dos componentes**

**Descrição:** Para maximizar a adaptabilidade e o potencial de desmontagem, é fundamental aumentar a durabilidade dos componentes de construção. A manutenção é muitas vezes minimizada/esquecida durante a utilização, pelo que os materiais duráveis com baixos requisitos de manutenção superam os materiais duráveis que dependem de um regime de manutenção que está em atraso. Projetar a edificação respeitando a natureza do material escolhido, protegendo adequadamente a estrutura principal, implementando detalhamento durável e permitindo facilidade de substituição, se necessário, aumentará a vida útil.

#### Sub-ações

- Escolher materiais que ofereçam durabilidade inata a determinados ambientes, por exemplo, concreto para robustez, madeira para alto teor de cloro;
- Em ambientes altamente agressivos contra materiais, como áreas costeiras, locais com altos níveis de umidade ou com variações extremas de temperatura, faça uso de uma matriz de comparação para selecionar o material ideal, ponderando maior custo de capital contra custos de manutenção reduzidos (menor custo de todo o ciclo de vida);
- Projetar o edifício de modo que os materiais "brutos" (por exemplo, madeira e aço) permaneçam não expostos e/ou protegidos da água e umidade e radiação UV;
- Implementar detalhes que garantam que o encapsulamento e a proteção sejam assegurados;

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural

Principais partes interessadas: Engenheiro estrutural

Fase principal de projeto: Design Técnico

Ferramentas disponíveis: Preparação e Briefing

### **Ação 3.5. Assegurar que a vida útil individual dos sistemas, componentes, produtos e materiais do envelope esteja alinhada com a vida útil mínima do edifício**

**Descrição:** Discrepâncias entre a vida útil de um edifício e dos sistemas, componentes, produtos e materiais individuais existem na prática comum de projeto e muitas vezes resultam em demolição ou substituição em maior escala do que o necessário. Por exemplo, a substituição de juntas em um sistema de fachada de cortina unitizada requer a substituição total do sistema de fachada. Isso pode ser evitado especificando materiais que atendam à vida útil do edifício ou projetando técnicas minimamente invasivas para manter, testar e substituir componentes individuais ou produtos com vida útil mais baixa. Ao fornecer ao gestor de ativos um manual diagramático de como manter, testar, reformar e substituir sistemas, componentes, produtos e materiais individuais, possibilitará mais chances de garantir a longevidade do edifício como um todo.

#### Sub-ações

- Adotar sistemas individuais específicos, componentes, produtos e materiais que atendam a vida útil da edificação;
- Se sistemas, componentes, produtos e materiais individuais não atenderem à vida útil do edifício, desenvolver uma estratégia de projeto de longevidade que descreva manutenção, teste e substituição de sistemas, componentes, produtos e materiais individuais que sejam minimamente invasivos;
- Desenvolver um documento abrangente do Plano de Longevidade que inclua instruções e diagramas claros sobre como manter, testar, substituir e reformar sistemas, componentes, produtos e materiais individuais para garantir que a vida útil do edifício seja cumprida;

Disciplinas de projeto: Projeto de envoltória

Principais partes interessadas: Engenheiro Fachadas

Fase principal de projeto: Coordenação Espacial / Concepção Técnica

### **Ação 3.6. Utilizar a avaliação dos Custo Total do Ciclo de Vida (*Whole Life-CycleCost - WLCC*) como ferramenta de avaliação de projeto**

**Descrição:** O conceito de economia circular consiste em manter os materiais no seu valor mais elevado durante o período mais longo possível e recuperar o valor mais elevado em fim de vida. Esta retenção e recuperação de valor são maximizadas quando os cenários em utilização e em fim de vida para os componentes físicos do edifício são tidos em conta ao estimar os custos reais do projeto, em vez de se concentrarem exclusivamente nos custos de capital, no custo operacional e no custo de manutenção.

#### Sub-ações

- Envolver um Inspetor de Quantidade em um estágio inicial de projeto;
- Envolver um Consultor de Materiais em uma fase inicial de projeto;
- Envolver um consultor de custos de construção em uma fase inicial de projeto;
- Incluir o valor residual dos produtos e materiais no WLCC tendo em conta a adaptabilidade, a desmontagem e o potencial de recuperação (as informações devem idealmente vir de um fabricante individual);
- Discutir o nível de taxa de desconto para custo e valor futuro com seu cliente;
- Concluir um estudo de sensibilidade sobre o nível da taxa de desconto;
- Projetar seguindo um ambiente BIM estruturado. Incluir informações do WLCC em planos e protocolos BIM;

O ideal é realizar avaliações WLCC e WLCA utilizando um único software;

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Coordenação Espacial - Concepção do Projeto Técnico

Ferramentas disponíveis: LCA com um clique

### Ação 3.7. Emitir um documento de Passaporte de Materiais de Construção para o projeto

**Descrição:** A recuperação e a reutilização eficazes de componentes e materiais de construção não são possíveis se não forem recolhidas informações detalhadas e facilmente acessíveis para utilização futura. A disponibilização de informações suficientes em documentação, como o Passaporte de Material, ajuda a facilitar a logística reversa e a retomada de produtos e materiais de construção, contribuindo assim para a retenção de seu valor ao longo do tempo. Simultaneamente, exigir esse tipo de documentação incentiva a cadeia de suprimentos a fabricar materiais mais saudáveis e sustentáveis, priorizando as escolhas de produtos/materiais que podem divulgar e emitir as informações necessárias.

#### Sub-ações

- Acordar, dentro da equipe de projeto, o escopo a ser incluído no passaporte material do edifício;
- Comunicar a toda a equipe de projeto o tipo e o nível de informação a ser exigido aos fornecedores relevantes;
- Integrar a capacidade de fornecer as informações necessárias como critérios de seleção ao selecionar fornecedores de produtos/materiais;
- Favorecer fornecedores/fabricantes que possam fornecer informações mais abrangentes, incluindo Declarações Ambientais de Produtos (EPD), Declarações de Produtos de Saúde (HPD), instruções de desmontagem e instruções de manutenção/reparo;
- Favorecer fornecedores/fabricantes que ofereçam esquemas de retomada de seus produtos/materiais;
- Utilizar ferramentas digitais para recolher todas as informações relevantes e emitir um passaporte eletrônico/digital de material de construção;
- Integrar requisitos do Passaporte de Materiais no fluxo de trabalho/plano BIM;

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto técnico

## Estratégia 4. DESIGN PARA ADAPTABILIDADE

**Descrição:** Esta estratégia visa permitir o potencial de adaptabilidade durante a fase de utilização. Os edifícios têm uma curta vida útil funcional e é importante que os edifícios tenham a capacidade de se adaptar a novas funções para manter o seu valor. Essa estratégia considera dois princípios de projeto para adaptabilidade: versatilidade e conversibilidade, que por sua vez estão relacionados ao nível necessário de adaptações do sistema. Esta estratégia é mais adequada para sítios e tipologias onde as mudanças de uso são prováveis.

**Indicador-chave de desempenho:** Potencial de adaptabilidade: Índice de adaptabilidade, definido de acordo com o indicador 2.3 do(s) nível(s) da UE. Adaptabilidade, Tabela 6. (classificação quantitativa resultante de uma avaliação qualitativa).

#### Benefícios

- Reduzir as emissões de carbono incorporado a longo prazo
- Reduzir a extração de material a longo prazo
- Permitir que os futuros inquilinos adaptem o espaço às suas necessidades antecipadas
- Reter o valor de cada ativo ao longo de sua vida útil

#### Desafios

- Pode resultar na necessidade de maiores quantidades de material para o primeiro uso, mas ainda assim benéfico ao longo do ciclo de vida total
- Pode resultar em maiores impactos ambientais para o primeiro uso, mas ainda assim benéfico ao longo do ciclo de vida total



#### **Ação 4.1. Aumentar a conversibilidade: escolher massa arquitetônica, grade estrutural e layout de fundação compatível com todos os prováveis usos futuros.**

**Descrição:** O potencial de um edifício para satisfazer as necessidades de diferentes tipologias (escritórios, residenciais, educação, etc.) é governado em grande medida por alguns parâmetros-chave:

- Profundidade da placa de piso
- Forma da placa de piso- Altura do chão ao chão - Localizações principais
- Tamanhos de núcleo e tubulações verticais, incluindo capacidade de transporte vertical
- Licenças de carregamento estrutural- Capacidade de carga da fundação

O espaçamento estrutural entre colunas é um fator importante, mas não é obrigatório (locais de colunas desajeitados normalmente podem ser trabalhados ao redor com uma ligeira redução na eficiência do espaço). Na fase de informação, devem ser fixados valores para estes parâmetros que sejam compatíveis com as utilizações futuras prováveis identificadas para o sítio em questão.

#### Sub-ações

- Fazer uma avaliação sobre a mudança da demanda do mercado imobiliário na área e identificar os potenciais usos futuros buscados para os ativos imobiliários;
- O planejamento de cenários deve ser usado antes do *briefing* ser escrito para identificar os usos alternativos mais prováveis - na ausência disso, com base na localização do site, a equipe de projeto deve decidir em discussão com o cliente;
- Compreender a gama de valores de projeto para os usos ou tipologias identificados para cada um dos parâmetros listados;
- Determinar o valor único para cada parâmetro a ser incluído no resumo ou projeto;
- Desenhar pelo menos um layout de placa de piso adicional e seção chave para o edifício, para confirmar se, os valores escolhidos para os parâmetros permitem pelo menos um outro tipo de uso;

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural

Principais partes interessadas: Arquiteto / Eng. Estrutural

Fase principal de projeto: Coordenação Espacial / Conceção Técnica

Ferramentas disponíveis: Nível(s)

#### **Ação 4.2. Aumentar a conversibilidade: permitir alterações no uso do edifício, projetando o envelope do edifício para admitir mais de um uso, ou para permitir modificações no tamanho e espaçamento da janela.**

**Descrição:** Ao projetar com antecedência para permitir um certo grau de conversibilidade do envoltório do edifício, o edifício pode ser convertido para atender a diferentes necessidades funcionais. O tamanho e o espaçamento das janelas têm um papel na determinação da adequação dos espaços internos para diferentes usos. Projetar o envelope para ser compatível com mais de um uso, ou para permitir alterações no tamanho e espaçamento da janela, reduz os custos de reforma futura, incentivando a retenção sobre a demolição e, assim, estendendo a vida útil do edifício.

#### Sub-ações

- Fazer uma avaliação sobre a mudança da demanda do mercado imobiliário na área e identificar os potenciais usos futuros buscados para os ativos imobiliários;
- O planejamento de cenários deve ser usado antes da redação do *briefing* para identificar os usos alternativos mais prováveis; na ausência disso, a equipe de projeto deve decidir sobre os usos alternativos mais prováveis com base na localização do site e através de discussão com o cliente;  
Desenhar pelo menos um layout de placa de piso adicional e elevação-chave para o edifício, exibindo como a fachada funcionaria para pelo menos um outro tipo de uso;  
Evitar fachadas de suporte de carga, a fim de permitir que futuras alterações sejam feitas mais facilmente tanto em layouts internos quanto em elementos externos;

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Coordenação Espacial / Conceção Técnica

Ferramentas disponíveis: Nível(s)

### **Ação 4.3. Aumentar a convertibilidade: fazer provisão passiva contabilizando possíveis alterações nos sistemas MEP, fornecendo uma estratégia de substituição de instalações que evite desperdícios.**

**Descrição:** É necessária uma provisão passiva para permitir que os sistemas MEP sejam adaptados ou substituídos para se adequarem a utilizações alternativas. A profundidade da placa de piso, o formato da placa de piso, as localizações centrais, os tamanhos e localizações das janelas, os layouts das divisórias internas, os tamanhos das salas de máquinas, os tamanhos das tubulações verticais e o espaço para distribuição horizontal, todos desempenham um papel na determinação se um edifício pode acomodar um sistema MEP adaptado ou totalmente novo. Uma estratégia de adaptabilidade para MEP considera quais poderiam ser os valores dos parâmetros acima e prevê provisões passivas para aqueles que são mais onerosos do que aqueles necessários para o primeiro uso pretendido. Os sistemas MEP são compostos por componentes com diferentes vidas úteis. **Além disso**, os componentes MEP têm uma maior probabilidade de mau funcionamento do que os elementos de outras camadas do edifício. É também importante, portanto, ter uma estratégia de substituição de plantas para todas as instalações MEP que evite desperdícios e minimize perturbações.

#### Sub-ações

- Fazer uma avaliação sobre a mudança da demanda do mercado imobiliário na área e identificar os potenciais usos futuros buscados para os ativos imobiliários;
- O planejamento de cenários deve ser usado antes da redação do *briefing* para identificar os usos alternativos mais prováveis; na ausência disso, a equipe de projeto deve decidir sobre os usos alternativos mais prováveis com base na localização do site e através de discussão com o cliente;
- Desenhar pelo menos um layout adicional de placa de piso e uma seção chave mostrando como a estratégia MEP funcionará para um uso alternativo;
- Permitir a substituição dos sistemas MEP, não incorporando-os na estrutura ou envelope do edifício. As exceções serão as tecnologias de energias renováveis integradas em fundações ou envelopes de edifícios;
- Fornecer acesso suficiente às salas de plantas para substituição futura;
- Dimensionar salas de máquinas, tubulações verticais e rotas de distribuição assumindo o caso mais oneroso entre os usos futuros identificados;
- Garantir que tubos, cabos, dutos e unidades locais sejam acessíveis para reparo, manutenção e substituição de componentes individuais;
- Garantir que o monitoramento e a manutenção individual das instalações sanitárias sejam possíveis para as subdivisões dos espaços, proporcionando mais opções de sublocação;
- Adotar arquiteturas abertas para evitar o aprisionamento a linhas de produtos específicas e melhorar a resiliência no caso de descontinuações de produtos;

Disciplinas de projeto: Sistemas de Instalações - MEP

Principais partes interessadas: Engenheiros mecânicos e eletricitistas

Fase principal de projeto: Coordenação Espacial / Conceção Técnica

Ferramentas disponíveis: Nível(s)

#### Ação 4.4. Elaborar e emitir um documento do Manual de Adaptabilidade

Descrição: Um edifício pode ser projetado para ser altamente adaptável ao longo do tempo. No entanto, para que isso seja concretizado, as informações sobre a forma como isso pode ser posto em prática devem ser transferidas para o proprietário/operadores do edifício. Fornecer aos proprietários de ativos e gerentes de instalações um manual sobre como fazer uso das estratégias embutidas no projeto do edifício permitirá que eles explorem a usabilidade e o potencial de adaptabilidade do edifício durante as operações diárias e para possíveis mudanças de uso futuras.

##### Sub-ações

- Desenvolver um Manual de Adaptabilidade incluindo instruções claras e diagramas sobre como adaptar o edifício para diferentes cenários;  
Fornecer documentação 3D *as-built* suficiente para o sistema de gerenciamento de ativos, incluindo também informações sobre materiais e tipos de conexão;  
Quando relevante, integrar informações relacionadas à "adaptabilidade" no documento do Passaporte de Material do edifício;

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto técnico

#### Estratégia 5. PROJETO PARA DESMONTAGEM

Descrição: Essa estratégia visa viabilizar o potencial de desmontagem no final da vida útil. A vida útil de alguns componentes em edifícios dura mais do que sua vida útil como parte de um sistema. É importante projetar antecipadamente para a desmontagem prática de componentes, a fim de recuperar o valor residual no final de sua vida útil. De acordo com a ISO 20887, sete princípios de projeto para desmontagem devem ser considerados: (1) facilidade de acesso, (2) independência, (3) evitar tratamentos e acabamentos desnecessários, (4) apoiar modelos de negócios de reutilização, (5) simplicidade, (6) padronização e (7) segurança da desmontagem. Adequado para todos os sites e tipologias.

Indicador-chave de desempenho: Potencial de desmontagem e recuperação: Facilidade de Recuperação + Facilidade de Reutilização e Reciclagem. Pontuação definida de acordo com o(s) Indicador(es) de Nível da UE 2.4 Projeto para Desconstrução (Metodologia de avaliação baseada no DGNB TEC1.6 Facilidade de recuperação e reciclagem)

##### Benefícios

- Reduzir as emissões de carbono incorporado a longo prazo
- Reduzir a extração de material a longo prazo
- Permitir a reutilização futura de componentes de construção
- Reter o valor de cada ativo no final da vida útil

##### Desafios

- Pode resultar na necessidade de quantidades de material mais elevadas para a primeira utilização, porém benéfica ao longo do ciclo de vida total
- Pode resultar em maiores impactos ambientais para o primeiro uso, porém benéfico ao longo do ciclo de vida total



### Ação 5.1. Desenvolver ligações reversíveis entre os elementos da superestrutura do edifício

**Descrição:** Use conexões reversíveis entre componentes em diferentes camadas com diferentes tempos de vida útil para que aqueles com períodos de vida útil mais curtos possam ser extraídos, adaptados, reutilizados, reparados, remodelados ou substituídos de forma fácil e independente. Isso aumentará o potencial de reutilização de cada componente individual, bem como o potencial de reutilização e adaptabilidade do edifício como um todo. Para a estrutura do edifício e o envoltório do edifício, privilegiar os componentes pré-fabricados em detrimento daqueles construídos no local aumentará diretamente o potencial de desmontagem.

#### Sub-ações

- Pré-fabricação: privilegiar sistemas estruturais que maximizem o uso de elementos pré-fabricados;

Favorecer fornecedores/fabricantes que possam oferecer instruções de desmontagem e esquemas de retomada Consideração para conexões:

Privilegiar sistemas fixados mecanicamente em detrimento de fixos adesivos

- Privilegiar conexões aparafusadas sobre conexões soldadas
- Repensar componentes compostos para facilitar a reciclagem futura
- Use métodos de conexão que não danifiquem os elementos individuais para que eles possam ser reutilizados diretamente (supondo que atendam aos requisitos de desempenho)
- Minimizar o número de tipos de conexões, a fim de facilitar a desmontagem futura
- As conexões devem ser projetadas para minimizar as deformações durante a vida útil, pois elas podem dificultar a desmontagem futura. Para tirar proveito das conexões reversíveis, é importante criar visibilidade e acesso suficientes para desfazer e remover para reparo, substituição ou reutilização:
  - Evitar acabamentos desnecessários que bloqueiam o acesso
  - Incluir acessibilidade segura às conexões Considerações para desmontagem:
  - Certifique-se de que há espaço para prender com segurança e remover os componentes longe do edifício
  - Utilizar métodos universalmente reconhecidos para montagem, desmontagem e remontagem de conexões

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural

Principais partes interessadas: Eng. Estrutural

Fase principal de projeto: Projeto técnico

Ferramentas disponíveis: Critérios DGNB "Facilidade de recuperação e reciclagem" Nível(s) DGBC - Edifícios Circulares

### Ação 5.2. Permitir o acesso a conexões reversíveis entre a estrutura e os serviços prediais.

**Descrição:** Para aproveitar as conexões reversíveis, é importante criar visibilidade e acesso suficientes para desfazer e remover componentes para reutilização. Isso melhorará o potencial de reutilização de cada componente.

#### Sub-ações

- Evitar acabamentos desnecessários que bloqueiam o acesso aos componentes dos serviços de construção;
- Fornecer um painel de acesso para facilitar os processos de inspeção e manutenção;

- Incluir acessibilidade segura e plataforma de trabalho caminhável para acessar os serviços em altura;
- Permitir espaço suficiente ao redor das conexões para possibilitar que as ações de desmontagem sejam realizadas confortavelmente;

Disciplinas de projeto: Sistemas de Instalações - MEP

Principais partes interessadas: Engenheiros de Instalações - MEP

Fase principal de projeto: Projeto técnico

Ferramentas disponíveis: Critérios DGNB "Facilidade de recuperação e reciclagem" Nível(s) DGBC - Edifícios Circulares

### Ação 5.3. Elaborar e emitir um Manual de Desmontagem para a edificação

**Descrição:** Um edifício pode ser projetado de forma que possa ser desmontado em seus componentes. No entanto, se as informações sobre como esse processo deve ser efetivamente feito não forem transferidas para o proprietário/operadores do edifício, então o potencial de desmontagem embutido no projeto pode acabar não sendo realmente usado. Fornecer aos proprietários de ativos e gestores de instalações um manual completo sobre a forma como o processo de desmontagem é efetivamente realizado permitir-lhes-á explorar este potencial e maximizar a sua reparação e reutilização de componentes individuais, maximizando assim a sua retenção de valor.

#### Sub-ações

- Desenvolver um manual de desmontagem incluindo instruções claras e diagramas sobre como desmontar diferentes componentes e para diferentes cenários;
- Fornecer documentação 3D *as-built* suficiente para o sistema de gerenciamento de ativos, incluindo também informações sobre materiais e tipos de conexão;
- Quando relevante, integrar informações relacionadas à "adaptabilidade" no documento do Passaporte de Material do edifício.

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto técnico

## III - CONSTRUIR COM EFICIÊNCIA

### Estratégia 6. RECUSE COMPONENTES DESNECESSÁRIOS

**Descrição:** Essa estratégia visa atender aos requisitos do projeto com o mínimo de consumo de material. Em todos os níveis, promove abordagens simples de projeto e consideração cuidadosa da necessidade real de componentes e materiais. O objetivo é questionar se determinados componentes podem ser recusados sem comprometer a capacidade de o projeto funcionar no nível de desempenho desejado.

**Indicador-chave de desempenho:** Eficiência conceitual do material: Para levar em conta as reduções de uso de material não alcançadas por meio de otimizações técnicas, mas sim decisões conceituais, é introduzido um fator de intensidade de uso de material por unidade funcional ao longo do ciclo de vida do edifício. A unidade funcional deve ser definida em função da tipologia do edifício, por exemplo, intensidade total de utilização de material por estação de trabalho/cama de hotel/residente, etc. [kg/unidade/ano]

#### Benefícios

- Reduzir as emissões de carbono incorporado
- Minimizar a extração de novos recursos
- Reduzir os custos iniciais de material por m<sup>2</sup>
- Reduzir o consumo de energia e as emissões operacionais de carbono
- Reduzir custos operacionais

#### Desafios

- Alcançar o conceito arquitetônico desejado com menos produtos/materiais
- Percepção de redução do valor de mercado em determinados locais devido à disponibilidade limitada de determinados componentes, em comparação com os ativos tradicionais
- Percepção de potencial de menor controle de conforto dos ocupantes do edifício



### Ação 6.1. Recusar redundância em espaços e superestimar o número de funcionários

**Descrição:** Uma redundância de espaço e programa se traduz diretamente em uso desnecessário de material e menor utilização do espaço. A adaptabilidade a possíveis mudanças futuras pode ser alcançada por meio de estratégias de design inteligentes, em vez de simplesmente ter uma redundância no programa espacial. A pandemia de COVID-19 acelerou drasticamente a transformação dos padrões de trabalho e, portanto, afetou a utilização dos edifícios. A transformação esperada pela digitalização de várias atividades deve ser considerada ao desenvolver o *briefing* do projeto e o programa espacial.

#### Sub-ações

- Interrogar o *briefing* do projeto para possíveis redundâncias em espaços e número de funcionários;
- Avaliar o impacto e as oportunidades para abordagens digitais e inovadoras para funções que possam reduzir o uso do espaço e liberá-lo para outras funções;
- Durante os estudos de viabilidade, incluir a utilização esperada do espaço como parâmetro de avaliação;
- Considerar a abordagem de faseamento e expansão modular como alternativa à redundância e à superestimação de espaços;
- Identificar espaços com baixa utilização e, se não puderem ser totalmente retirados do programa do projeto, avaliar como podem ser fundidos/concebidos para acolher utilizações adicionais (ver Ação 2.3)

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Definição estratégica

### Ação 6.2. Eliminar/reduzir a necessidade de estacionamento no local

**Descrição:** A infraestrutura de estacionamento para veículos particulares acrescenta requisitos consideráveis de espaço aos projetos de construção. A alocação desses espaços tem impactos particularmente grandes, pois normalmente estão localizados no subsolo ou no nível do solo ao redor da área do edifício. Considerar estratégias alternativas de mobilidade que reduzam ou, idealmente, eliminem totalmente a necessidade de lugares de estacionamento no local teria um impacto considerável no consumo de recursos, na coesão urbana e no contexto social imediato.

#### Sub-ações

- Dar prioridade ao desenvolvimento em áreas bem servidas por infraestruturas de transportes públicos;
- Interrogar o resumo do projeto contra requisitos de estacionamento no local excessivamente rigorosos;
- Se os regulamentos locais estabelecerem requisitos mínimos de espaço de estacionamento, interaja com as autoridades locais e investigue potenciais medidas de compensação (por exemplo, planos de mobilidade alternativos, cofinanciamento de programas de transportes públicos para utilizadores de edifícios, partilha de automóveis + plataformas de partilha de mobilidade, financiamento de infraestruturas locais de mobilidade sustentável);
- Se for necessário estacionar no local, evite localizá-lo no subsolo e conceba níveis de estacionamento adaptáveis a potenciais utilizações alternativas (ver Ação 4.2);

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto arquitetônico conceitual

### Ação 6.3. Priorizar estratégias de manutenção passivas e simples em detrimento de estratégias excessivamente complexas

**Descrição:** As diretrizes técnicas de projeto de sistemas muitas vezes não acrescentam um passo inicial, que é questionar se o serviço necessário e o nível de desempenho podem ser alcançados por meio de medidas passivas (por exemplo, sombreamento arquitetônico e resfriamento mecânico, ventilação natural sobre ventilação mecânica, uso mais atraente e melhor da escada em vez de total dependência elevador, etc.). Além disso, o projeto tradicional é realizado para atender ao máximo e mínimo exigido de pontos de ajuste e cargas de pico, que muitas vezes são superestimados. A integração de medidas passivas na estratégia de condicionamento de espaço, além de alcançar menor demanda de energia, resulta em tamanhos de equipamentos reduzidos e, portanto, requisitos de espaço reduzidos.

#### Sub-ações

- Questione o resumo do projeto contra pontos de ajustes de conforto interno excessivamente rigorosos (temperatura, umidade, etc.);
- Interrogar o *briefing* do projeto contra cargas de processo interno superdimensionadas (equipamentos de TI, luminárias, outros equipamentos receptáveis);
- Questionar o resumo do projeto contra os requisitos de taxa de ventilação superdimensionados, respeitando os padrões locais de qualidade do ar;
- Integrar metodologias de design de conforto adaptativo para diminuir (ou eliminar) a necessidade de capacidades instaladas de refrigeração e aquecimento;
- Entrevistar o gerenciamento de instalações e os usuários do edifício para entender suas necessidades reais para otimizar o projeto do sistema para evitar o excesso;
- Realizar um estudo de viabilidade/modelo energético simples para avaliar o potencial de ventilação natural e estratégias passivas de resfriamento/aquecimento;
- Realizar um estudo de viabilidade/modelo energético simples para avaliar o potencial de um sistema de modo misto;
- Dimensionar as capacidades de resfriamento e aquecimento necessárias usando modelagem de carga detalhada, em vez de suposições excessivamente conservadoras que levam ao superdimensionamento dos sistemas prediais;
- Considerar a ventilação de deslocamento, a alimentação de condicionamento de ar de piso e/ou a alimentação de condicionamento de ar de nível médio para atender apenas a zona ocupada, em oposição a toda a coluna da sala;
- Adotar o modelo Computacional de Dinâmica de Fluidos (*Computational Fluid Dynamics – CFD*) para revisar o perfil de ventilação e distribuição térmica visando otimizar o projeto do difusor de ar e da vazão;
- A economia de materiais utilizados para dutos pode ser obtida considerando cuidadosamente as rotas de dutos. Isso também pode melhorar a eficiência operacional (por exemplo, minimizar o comprimento dos dutos isolados pode reduzir as necessidades de energia do ventilador);

**Disciplinas de projeto:** Sistemas de Instalações - MEP

**Principais partes interessadas:** Engenheiros mecânicos e eletricitistas

**Fase principal de projeto:** Coordenação Espacial - Conceção do Projeto Técnico

### Ação 6.4. Recuse acabamentos sempre que possível

**Descrição:** O uso geral de material para componentes de design de interiores é consideravelmente menor em comparação com o da estrutura do edifício, no entanto, os acabamentos internos têm uma vida útil muito mais curta e são frequentemente substituídos ao longo da vida útil do edifício. Ao levar em conta a necessidade de substituição, manutenção rotineira e manutenção técnica frequentes desses componentes "menores", o uso de material ao longo de todo o ciclo de vida torna-se bastante considerável. Considerando o uso de superfície exposta de elementos estruturais e sistemas MEP expostos como parte do conceito de design de interiores, em vez de escondê-los sob camadas de luz, mas muitas vezes materiais "desnecessários" pode adicionar um caráter arquitetônico particular ao projeto, economizando uma quantidade considerável de materiais.

#### Sub-ações

- Desenvolva uma aparência de design que se baseie na própria natureza dos componentes de construção e materiais auto-acabados, mostrando em vez de esconder do que as coisas são feitas e como elas são montadas juntas;
- Engajar-se com o cliente para comunicar a importância de tal abordagem de projeto, incluindo argumentos como o uso de material de todo o ciclo de vida: emissões de carbono e custo como argumentos para um conceito minimalista;

- Projetar estrutura e serviços de construção e componentes arquitetônicos de forma cuidadosamente coordenada, para que possam ser deixados expostos e sem acabamentos, mas conseguindo uma aparência agradável e coerente;
- Os acabamentos interiores desempenham muitas vezes uma função técnica, nomeadamente resistência ao fogo, isolamento térmico e características acústicas. Envolver-se com outras disciplinas de projeto desde o estágio inicial do projeto para garantir que os elementos de acabamento estejam sendo considerados onde tecnicamente necessário e usando o mínimo de material possível;
- Investigar estratégias de design biofílico que possam contribuir para o desempenho funcional adequado com menor uso de material;

Disciplinas de projeto: Acabamento interior

Principais partes interessadas: Designer de interiores

Fase principal de projeto: Projeto Técnico

### Estratégia 7. AUMENTE A EFICIÊNCIA DO MATERIAL

**Descrição:** Essa estratégia visa atender aos requisitos do projeto com o mínimo de consumo de material. Em todos os níveis, visa um uso eficiente de materiais em um nível máximo de desempenho. Procura evitar volumes ineficientes de materiais de construção (arranha-céus, transferências, longo vão, balanços ou estruturas subterrâneas profundas) e selecionar sistemas e formas eficientes. Também analisa o uso de produtos e materiais de alto desempenho e metodologias avançadas de engenharia.

**Indicador-chave de desempenho:** Eficiência de uso de material: Intensidade total de uso de material por área e ao longo de todo o ciclo de vida do edifício, contabilizando todos os materiais de construção [kg/m<sup>2</sup>/ano]

#### Benefícios

- Reduzir as emissões de carbono incorporado
- Minimizar a extração de novos recursos
- Reduzir os custos iniciais de material por m<sup>2</sup>.

#### Desafios

- Afastando-se do conceito de edifícios altos extremos como faróis arquitetônicos
- Lenta adoção de ferramentas avançadas de design digital
- Risco de menor retorno do investimento com menos área bruta de construção
- Percepção de maior custo de novas construções/novas tecnologias construtivas
- Hesitação na adoção de novas construções/novas tecnologias construtivas devido à percepção de maior risco



### Ação 7.1. Evitar materiais intensivos em construções subterrâneas profundas e arranha-céus

**Descrição:** O aumento do espaço útil total disponibilizado por superfície de terreno edificável afeta diretamente o valor do local. No entanto, isso geralmente ocorre às custas de outros parâmetros. A construção subterrânea e de arranha-céus não é particularmente eficiente em termos de material por metro quadrado. O volume de material aumenta exponencialmente devido às cargas horizontais no núcleo de estabilidade (vento, terremotos) e no projeto da fundação (pressões da água e do solo). Além disso, a construção subterrânea e de arranha-céus é altamente intensiva em concreto e aço, aumentando drasticamente a pegada de carbono incorporada de um projeto.

#### Sub-ações

- Dar prioridade ao desenvolvimento em áreas bem servidas por infraestruturas de transportes públicos

- Site de uma edificação para minimizar a necessidade de terraplanagem, ou seja, aterro/escavação desnecessária
- Utilizar os níveis do solo existentes para o desenvolvimento da massa/layout arquitetônico
- Interrogar o resumo do projeto contra requisitos de estacionamento no local excessivamente rigorosos

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural

Principais partes interessadas: Engenheiro de Estrutura

Fase principal de projeto: Projeto arquitetônico conceitual

### **Ação 7.2. Reduzir a intensidade de utilização de material na estrutura do edifício através de formas e técnicas estruturais eficientes em termos de material, tais como soluções híbridas e/ou compostas.**

Descrição: O comportamento estrutural é fortemente influenciado pela forma estrutural. A forma pode ser otimizada para melhorar um caminho de carga através de forças internas axiais e resultará em uma redução do material necessário. Um exemplo disso pode ser visto no uso de estruturas abobadadas, que trabalham em compressão axial. A forma também pode ser otimizada para seguir as linhas de força. Um exemplo disso são as vigas de piso seguindo a linha de momento fletor em vez de uma seção transversal constante ao longo do comprimento. As soluções compósitas permitem uma combinação de materiais para usar eficientemente a resistência intrínseca a determinadas cargas de cada material. Exemplos disso são o aço para tensão e a madeira e o concreto para compressão.

#### Sub-ações

- Interagir desde cedo com o arquiteto, engenheiro estrutural e MEP para definir formas de construção eficientes;
- Otimizar a forma de construção para reduzir o impacto do carregamento de vento e carga sísmica (quando aplicável);
- Restringir vãos longos para evitar grandes seções transversais desnecessárias;
- Evitar balanços;
- Reduzir o peso de sistemas de pavimentos estruturais (por exemplo, lajes nervuradas, lajes esvaziadas, lajes pós-tensionadas, alumínio corrugado);
- Utilizar estruturas de treliça sobre vigas sólidas;
- Otimizar a dimensão das colunas de acordo com o seu desempenho de carga e estabilidade. Isso pode resultar em colunas mais leves em direção ao topo;
- Otimizar a grade de pilares para reduzir o vão e, conseqüentemente, a necessidade de material de vigas e pisos;

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural

Principais partes interessadas: Engenheiro de Estrutura

Fase principal de projeto: Coordenação Espacial - Concepção do Projeto Técnico

### **Ação 7.3. Reduzir as dimensões dos componentes da estrutura do edifício através da seleção de materiais de alta resistência**

Descrição: Quando as dimensões dos componentes são governadas por sua capacidade estrutural, o uso de materiais de maior resistência pode reduzir a necessidade total de material. Quando as dimensões do sistema são regidas por requisitos de desempenho, por exemplo, deflexões ou vibrações, o uso de sistemas híbridos e geometria alternativa pode ajudar a reduzir a necessidade total de material.

#### Sub-ações

- Priorizar o uso de resistência de aço S460 ou superior para elementos estruturais quando a resistência estiver governando sobre a deflexão e estabilidade;
- Priorizar o uso de concreto de ultra alta resistência (UHSC) para elementos estruturais quando a resistência está governando sobre a deflexão e estabilidade;
- Priorizar o uso de madeira para sistemas com baixa relação LL para DL, pois a madeira tem uma melhor relação autopeso/resistência;
- Investigar novas inovações de materiais leves como FRP;
- Investigar soluções híbridas e compósitas (ex. compósito madeira-concreto);

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural

Principais partes interessadas: Engenheiro de Estrutura

Fase principal de projeto: Coordenação Espacial - Concepção do Projeto Técnico

#### **Ação 7.4. Utilizar práticas avançadas de engenharia para melhorar a eficiência material dos componentes estruturais e de envolvimento**

Descrição: A engenharia avançada pode ajudar a otimizar ao mínimo as necessidades de material (por exemplo, sistemas laterais dúcteis, interação solo-estrutura, dinâmica, projeto de edifícios altos / estruturas de tração). Os processos de fabricação digital serão necessários para realizar plenamente os benefícios materiais sem adicionar custos adicionais significativos de mão de obra. Esta abordagem está em tensão com a ação 3.3 relativa à normalização. A ação 3.3 é mais adequada para tipologias com um grande número de unidades individuais, enquanto esta abordagem pode ser mais adequada para tipologias únicas ou necessárias em número muito reduzido. Uma abordagem de Construção Industrializada pode ser usada para conciliar parcialmente essa tensão.

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural

Principais partes interessadas: Engenheiro de Estrutura

Fase principal de projeto: Projeto técnico

#### **Ação 7.5. Reduzir o desperdício de materiais na produção e na construção através da pré-fabricação fora do local da estrutura do edifício e dos componentes do envelope**

Descrição: A fabricação de componentes fora do local e o transporte de módulos ou componentes completos para o canteiro de obras levam a vários benefícios, tais como:

- Redução do excesso de resíduos resultante de "má mão de obra" com a produção no local (trabalho em alturas, não equipamento ideal);
- O desperdício também é reduzido, pois a pré-fabricação fora do local não é exposta às intempéries, portanto, a qualidade é tradicionalmente maior do que a construção no local;
- O uso de materiais é otimizado, como na maioria dos processos de fabricação em cadeia;
- Quando a pré-fabricação (componente ou módulos) também é padronizada, quaisquer recursos "remanescentes" de um projeto podem ser usados para um próximo projeto;

##### Sub-ações

- Repensar se a edificação pode ser total ou parcialmente feita de módulos pré-fabricados de construção: (1) Use componentes pré-fabricados de concreto, como vigas, pilares e lajes; (2) Utilize seções de conjuntos pré-fabricados de aço, como vigas e pilares; (3) Evite seções pré-fabricadas exclusivas; (4) Use conjuntos pré-fabricados de madeira, tanto como painéis (em 2D ou volumes (em 3D));
- Otimizar a logística dos materiais necessários no local;
- Se a fabricação estiver muito longe, investigue instalações de montagem temporárias próximas;

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural

Principais partes interessadas: Engenheiro de

Estrutura Fase principal de projeto: : Fabricação e construção

## **IV - CONSTRUA COM OS MATERIAIS CERTOS**

### **Estratégia 8. REDUZIR O USO DE MATERIAIS VIRGENS E NÃO RENOVÁVEIS**

Descrição: Esta estratégia visa a prevenção do consumo de matérias abióticas virgens (particularmente matérias-primas críticas) e a promoção de produtos e materiais secundários. A todos os níveis, visa promover a utilização de produtos reutilizados e materiais reciclados, bem como promover a utilização de materiais renováveis e de base biológica.

Indicador-chave de desempenho: Um bom indicador geral para o uso de entrada e potencial de saída de materiais é o Indicador de Circularidade de Material (MCI) da Fundação Ellen MacArthur.

##### Benefícios

- Reduzir as emissões de carbono incorporadas
- Minimizar a extração de recursos não renováveis
- Reduzir o desperdício resultante de obras de demolição
- Atribuir valor aos materiais processados existentes, criando um novo mercado para produtos descartáveis

### Desafios

- Alcançar a conformidade com os regulamentos técnicos aplicáveis
- Informações limitadas sobre os materiais/componentes existentes (incerteza do desempenho técnico)
- Processo de aquisição complexo
- Disponibilidade de mercados para produtos reutilizados no setor da construção
- Potencial custo de capital mais elevado associado a materiais de base biológica (de origem responsável)



### **Ação 8.1. Maximizar a utilização de componentes recuperados para todas as camadas de construção**

**Descrição:** Ao reaproveitar componentes de estruturas existentes, prestes a serem demolidas, ou já desconstruídas, reduz-se a necessidade de fabricação de novos componentes. A estrutura principal e o envelope respondem por mais de 50% do uso total do material e, portanto, são áreas de foco. Ao reutilizar componentes em elementos do edifício expostos a intempéries, a durabilidade residual precisará ser avaliada. Ao reutilizar componentes em elementos da estrutura do edifício, a resistência residual precisará ser assegurada.

### Sub-ações

- Consultar quadros/orientações existentes, como a Taxonomia da UE, a LETI e os objetivos pré-existentes para o projeto;
- Se o local for um local previamente desenvolvido ou um edifício existente, minimizar ao máximo os trabalhos de demolição. Fazer um inventário dos componentes existentes e realizar uma avaliação de viabilidade para potencial reutilização de componentes de construção;
- Ao remodelar edifícios existentes, consultar os quadros existentes e estabelecer metas fixas para a reutilização e reciclagem de material de desconstrução/demolição (ou seja, 90% de acordo com a taxonomia da UE);
- Sempre que possível, obter materiais de mercados de materiais secundários;
- Envolver mineradores urbanos e bancos de materiais no início do seu projeto;
- Reutilizar estruturas de aço, concreto ou madeira de estruturas desconstruídas;
- Consultar os fabricantes de envelopes que têm um esquema de produto como serviço em vigor para componentes usados;
- Especificar materiais e componentes reutilizados na documentação de aquisição;

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Coordenação Espacial - Concepção do Projeto Técnico

Ferramentas disponíveis: critérios DGNB "Facilidade de recuperação e reciclagem" Arup - Avaliação do Potencial de Reutilização

### **Ação 8.2. Utilizar concreto com alto teor secundário**

**Descrição:** O concreto é o material de construção mais utilizado e pode vir com diferentes níveis de conteúdo secundário. Aumentar o conteúdo secundário pode reduzir um fluxo de resíduos e reduzir as emissões de carbono incorporadas associadas ao concreto. É importante avaliar os efeitos potenciais sobre a durabilidade e a qualidade desses materiais em comparação com as normas atuais.

### Sub-ações

- Utilizar concreto com o maior teor secundário de % aceito nacionalmente que também atenda à especificação de desempenho;
- Utilizar cimento com o maior teor secundário nacional e razoável que também atenda a especificação de desempenho;

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural  
 Principais partes interessadas: Engenheiro de Estruturas  
 Fase principal de projeto: Fabricação e construção

### Ação 8.3. Utilizar madeira processada (ou outros materiais de base biológica) em estruturas de edifícios

**Descrição:** Os produtos de madeira processada oferecem benefícios em termos de emissões de carbono reduzidas, tempos de construção mais rápidos, fundações menores e uma sensação natural que, em alguns casos, minimiza a necessidade de acabamentos adicionais.

#### Sub-ações

- Utilizar Madeira Laminada Cruzada (*Cross-Laminated Timber* – CLT) para o sistema de piso;
- Utilizar Madeira Laminada Colada (*Glue-Laminated Timber* – GLULAM) para os pilares e vigas estruturais;
- Utilizar CLT para paredes de cisalhamento / elementos de estabilidade;
- Investigar outros materiais alternativos de base biológica, como bambu, terra batida ou cânhamo, para estruturas de menor escala;
- Selecionar materiais de base biológica de fontes certificadas;

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural  
 Principais partes interessadas: Engenheiro de Estruturas  
 Fase principal de projeto: Projeto arquitetônico conceitual

### Ação 8.4. Utilizar materiais de base biológica rapidamente renováveis para o conceito de design de interiores

**Descrição:** Embora muitas vezes sejam menos intensivos em recursos do que a estrutura e o envoltório do edifício, os componentes de acabamento interno ainda consomem muitos recursos, uma vez que muitas vezes precisam ser substituídos com frequência. Particularmente para projetos comerciais (escritório, varejo, hotéis, etc.), os acabamentos internos são substituídos consideravelmente antes do fim de sua vida útil técnica. Ao considerar todo o ciclo de vida de um edifício, em vez de apenas a construção inicial, o impacto dos elementos de ajuste interior torna-se mais significativo.

#### Sub-ações

- Incorporar as características dos materiais naturais de base biológica no conceito de design de interiores;
- Pesquisar bioalternativas diretas de produtos tradicionais de acabamento/revestimento interno (por exemplo, linóleo como alternativa aos produtos de pisos vinílicos);
- Considerar tipos de madeira rapidamente renováveis ou de crescimento rápido, como cortiça e bambu, para elementos como revestimento e elementos de piso;
- Evitar o uso de madeira de lei para produtos com baixa exigência estrutural. Priorizar o uso de madeiras moles de crescimento mais rápido;
- Pesquisar o mercado para a disponibilidade de materiais inovadores de base biológica, como micélio e fibras naturais (cânhamo, ervas marinhas, etc.) para ajudar a minimizar o uso de materiais como madeira natural e madeira processada;
- Pesquisar a cadeia de suprimentos e favorecer fornecedores que possam certificar uma produção regenerativa.

Nem todos os fornecedores de madeira e biomateriais são iguais;

Disciplinas de projeto: Acabamento interior  
 Principais partes interessadas: Designer de interiores  
 Fase principal de projeto: Projeto Técnico

### Ação 8.5. Reduzir o uso de matérias-primas críticas

**Descrição:** A União Europeia elaborou uma lista de matérias-primas críticas para a economia da Europa. Materiais de construção normais, como minério de ferro e cimento, não estão na lista, mas a bauxita para alumínio está na lista. Além disso, o carvão metalúrgico usado para a produção de aço está na lista, bem como vários materiais usados em acabamentos e serviços de construção.

#### Sub-ações

- Utilizar alumínio reciclado para recusar o uso de bauxita;

- Usar ligas de cobre livres de berílio em vez das ligas de cobre tradicionais;
- Recusar o uso de fibra de vidro tratada com boro para isolamento e fibra de vidro estrutural;
- Recusar o uso de carvão metalúrgico usando aço reciclado (ou reutilizado);
- Recusar o uso de Gálio, Silício Metálico e Índio reutilizando células fotovoltaicas;
- Recusar o uso de baterias de íons de lítio para diminuir o uso de lítio;
- Não projetar novas placas de óxido de magnésio para paredes, tetos ou intradorsos de magnésio;
- Recusar o uso de borracha natural, como blocos de borracha (usados embaixo de telhas);
- Design para lâmpadas sem tungstênio;

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto Técnico

Ferramentas disponíveis: CircularityBuilderLevel(s); CradletoCradleCertified

## Estratégia 9. REDUZIR O USO DE MATERIAIS INTENSIVOS EM CARBONO

**Descrição:** Na indústria da construção, o carbono incorporado pode ser responsável por mais da metade das emissões totais de carbono do ciclo de vida de um novo projeto de construção. O carbono incorporado corta imediatamente em nosso orçamento de carbono restante para ficar abaixo do aumento de temperatura acordado de 2°C até 2050. Outras estratégias visam principalmente reduzir a demanda de materiais, agora e no futuro. Essa estratégia visa reduzir o uso de materiais com intensidade de carbono. Prioriza fornecedores que utilizam produtos reutilizados, materiais reciclados, materiais ou produtos renováveis e de base biológica e que utilizam energia limpa em seus processos de fabricação.

**Indicador-chave de desempenho:** Emissões de GEE de todo o ciclo de vida: Intensidade de emissões de carbono medida ao longo de todo o ciclo de vida do edifício, conforme definido no Indicador de Nível 1.2 Potencial de Aquecimento Global do Ciclo de Vida [kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>/ano]

### Benefícios

- Reduzir as emissões globais de carbono incorporado
- Produtos com baixa pegada de carbono incorporado tendem a integrar materiais reciclados ou de base biológica, reduzindo o consumo geral de materiais virgens
- Contribui para sistemas de *benchmarking* de sustentabilidade
- Contribui para a melhoria da saúde e do bem-estar dos utilizadores dos edifícios através da transparência e otimização dos ingredientes dos materiais

### Desafios

- Potencial custo de capital mais elevado associado a alguns materiais de baixo carbono
- Escolhas reduzidas de produtos exigem a consideração de metas de baixo carbono incorporado nos estágios iniciais de projeto
- Qualidade e disponibilidade das informações na cadeia de suprimentos



### Ação 9.1. Acompanhar a pegada de carbono incorporado durante o projeto e definir uma meta global ambiciosa de carbono incorporado para o projeto

**Descrição:** Durante as últimas décadas, o projeto de construção sustentável tem se concentrado mais no

carbono operacional e muito menos no carbono de capital relacionado à produção e fabricação de produtos de construção. Para um edifício comercial na Europa, as emissões incorporadas podem representar 50% das emissões de todo o ciclo de vida. É fundamental que o projeto se proponha a alcançar uma meta ambiciosa de carbono incorporado, de acordo com o cumprimento dos parâmetros de referência nacionais e regionais. As Avaliações de Ciclo de Vida precisam ser realizadas para definir metas individuais e acompanhar o desempenho do projeto durante toda a fase de projeto.

#### Sub-ações

- Conversar com seu cliente sobre a adoção de um processo de gestão de carbono no projeto alinhado com PAS2080: Gestão de Carbono em Infraestrutura;
- Consultar *frameworks* e *benchmarks* internacionais para projetos de baixo carbono incorporado, como WBCSD, LETI, DGNB, RIBA Challenge ou SCORS;
- Identificar quaisquer políticas, objetivos ou metas específicas de descarbonização organizacional, governamental ou outras;
- Fixar uma meta de carbono incorporado para o projeto global que esteja de acordo com as ambições do cliente e o contexto regional;
- Projetar em ambiente 3D (Revit) permitindo realizar Avaliação do Ciclo de Vida em diversos níveis;
- Garantir que o modelo 3D seja configurado de acordo com as melhores práticas padrões de Certificação Ambiental / Avaliação do Ciclo de Vida;
- Desenvolver um projeto de gêmeo digital para acompanhar o desempenho durante a operação;

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto técnico

Ferramentas disponíveis: ArupCarbon Digital Tool; IES Virtual Environment (IESVE); DGNB Certification system Level(s);

CradletoCradleCertified

### **Ação 9.2. Acompanhar a pegada de carbono incorporado da estrutura do edifício e definir um objetivo inferior aos limiares recomendados ao nível regional**

Descrição: A estrutura do edifício contribui para cerca de 1/3 de todas as emissões de todo o ciclo de vida (assumindo uma vida útil de 50 anos) e mais da metade das emissões de carbono incorporado de um novo projeto de construção tradicional. Estabelecer metas específicas de pegada de carbono incorporado para a estrutura do edifício é de extrema importância, pois quaisquer melhorias para essa camada de construção terão, de longe, o maior impacto na pegada de carbono geral do projeto. Os sistemas estruturais tradicionais fazem uso de quantidades extremamente grandes de dois materiais muito intensivos em carbono: aço e cimento. Avaliar o uso potencial de materiais menos intensivos em carbono ou se envolver com a cadeia de suprimentos para adquirir produtos de baixo carbono precisa se tornar uma prática comum de projeto.

#### Sub-ações

- Consultar *frameworks* e *benchmarks* internacionais como WBCSD, LETI, DGNB, RIBA Challenge ou SCORS e verificar *benchmarks* específicos para a estrutura do edifício;
- Fixar uma meta de carbono incorporado para a estrutura do edifício com base em *benchmarks* externos ou derivada da meta global de carbono incorporado do projeto;
- Definir tempos de vida específicos para todos os componentes principais;
- Realizar avaliações do ciclo de vida iniciais comparando potenciais sistemas estruturais e suas implicações técnicas;
- Realizar estudos de enquadramento/vão para a grade horizontal e vertical na fase de conceitual para diferentes materiais visando determinar o impacto no carbono total incorporado para variadas soluções;
- Incluir o desempenho do carbono incorporado nos critérios de projeto para a seleção do sistema estrutural;
- Solicitar Declaração Ambiental do Produto aos fabricantes durante a fase final de projeto;
- Priorizar materiais de baixo carbono incorporado, como madeira, no lugar de materiais de alto carbono, como aço e concreto;
- Engajar-se com a indústria para investigar o potencial de concreto reciclado, agregados cimentícios e aço com alto teor reciclado;

Disciplinas de projeto: Projeto estrutural

Principais partes interessadas: Engenheiro de Estruturas

Fase principal de projeto: Projeto técnico

Ferramentas disponíveis: ArupCarbon Digital Tool; One Click LCA

### **Ação 9.3. Acompanhar a pegada de carbono incorporado da envolvente do edifício e definir um objetivo inferior aos limiares recomendados a nível regional**

**Descrição:** O envelope do edifício contribui para cerca de 1/5 de todas as emissões de carbono incorporado de um novo projeto de construção tradicional e é, depois da estrutura do edifício, a camada que mais contribui para a pegada de carbono incorporado de um projeto de construção. A definição de metas específicas de pegada de carbono incorporado para o envelope do edifício é de extrema importância, pois quaisquer melhorias para essa camada de construção terão um grande impacto na pegada de carbono geral do projeto. Os sistemas de envelope tradicionais fazem uso de grandes quantidades de materiais intensivos em carbono, como aço, alumínio e concreto. Avaliar o uso potencial de materiais menos intensivos em carbono ou se envolver com a cadeia de suprimentos para adquirir produtos de baixo carbono precisa se tornar uma prática comum de projeto.

#### Sub-ações

- Consultar *frameworks* e *benchmarks* internacionais como WBCSD, LETI, DGNB, RIBA Challenge;
- Consultar se o cliente definiu políticas, objetivos ou metas específicas de descarbonização;
- Fixar uma meta de carbono incorporado para o projeto e para o envelope do edifício com base em *benchmarks* consultados e aplicáveis;
- Realizar análises paramétricas antecipadas para avaliar o impacto de potenciais sistemas de envelopes sobre o carbono incorporado e operacional (*plug-ins* Grasshopper como HoneyBee, Bombyx, etc.);
- Investigar como materiais adicionais, como a estrutura metálica secundária, podem ser evitados;
- Limitar o uso de metais e garantir que os materiais possam ser reciclados no final da vida útil;
- Solicitar Declaração Ambiental do Produto aos fabricantes durante o processo de pré-seleção;
- Definir o carbono incorporado como parâmetro de tomada de decisão ao comparar o desempenho dos produtos considerados;

Disciplinas de projeto: Projeto de Envoltória

Principais partes interessadas: Engenheiro de Fachadas

Fase principal de projeto: Projeto Técnico

Ferramentas disponíveis: ArupCarbon Digital Tool; One Click LCA

### **Ação 9.4. Acompanhar a pegada de carbono incorporado dos sistemas de construção e estabelecer um objetivo inferior aos limiares recomendados a nível regional**

**Descrição:** A pegada de carbono incorporado dos sistemas de construção é frequentemente negligenciada, uma vez que é dada prioridade ao desempenho energético e às emissões de carbono operacionais. Apesar disso, os sistemas construtivos contribuem para cerca de 1/5 de todas as emissões de carbono incorporado de um novo projeto de construção tradicional (em locais com estações claras de inverno e verão). Os sistemas construtivos utilizam materiais de alta intensidade de carbono, como metais e plásticos. Pesquisar no mercado produtos com altos níveis de conteúdo reciclado e alta reutilização/reciclabilidade pode reduzir consideravelmente a pegada de carbono incorporado dessa camada de construção.

#### Sub-ações

- Consultar *frameworks* e *benchmarks* internacionais como WBCSD, LETI, DGNB, RIBA Challenge;
- Consultar se o cliente definiu políticas, objetivos ou metas específicas de descarbonização;
- Fixar uma meta de carbono incorporado para o projeto e para os sistemas construtivos com base em *benchmarks* consultados e aplicáveis;
- Definir o carbono incorporado como parâmetro de tomada de decisão na seleção de produtos na comparação do desempenho do carbono incorporado dos produtos considerados;
- Considerar o uso de sistemas descentralizados, que reduzem a necessidade de infraestrutura de fornecimento grande e intensiva em carbono;
- Selecionar cuidadosamente fluidos de refrigeração com baixo potencial de aquecimento global e considerar o vazamento do mesmo em toda a vida da análise de carbono;
- Solicitar Declaração Ambiental do Produto aos fabricantes durante o processo de pré-seleção;

Disciplinas de projeto: Sistemas de Instalações - MEP

Principais partes interessadas: Engenheiros mecânicos e

eletricistas Fase principal de projeto: Projeto Técnico

### **Ação 9.5. Acompanhar a pegada de carbono incorporado dos componentes de adaptação dos edifícios e estabelecer um objetivo inferior aos limiares recomendados a nível regional**

Descrição: A pegada de carbono incorporado da adaptação do edifício varia muito de um projeto para outro. Vários quadros de Avaliação do Ciclo de Vida excluem estes elementos do âmbito da análise, devido a uma percepção de menor impacto e à falta de parâmetros de referência adequados. No entanto, dependendo do projeto, a adaptação do edifício pode contribuir para até 1/4 de todas as emissões de carbono incorporado de novos projetos de construção (particularmente para projetos hoteleiros ou comerciais de alto padrão com mudanças regulares de acabamentos).

#### Sub-ações

- Consultar *frameworks e benchmarks* internacionais como WBCSD, LETI, DGNB, RIBA Challenge e World CarbonForum;
- Consultar se o cliente definiu políticas, objetivos ou metas específicas de descarbonização;
- Fixar uma meta de carbono incorporado para o projeto e para os principais componentes de acabamento, como paredes divisórias, isolamento, sistemas de piso e teto;
- Definir carbono incorporado como um Indicador-Chave de Desempenho durante o processo de aquisição;
- Ficar atento ao ciclo de substituição e especificar para longevidade;
- Considerar materiais leves para fins de transporte;
- Solicitar Declaração Ambiental do Produto aos fabricantes durante o processo de pré-seleção

Disciplinas de projeto: Acabamento interior

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto Técnico

Ferramentas disponíveis: ArupCarbon Digital Tool; One Click LCA

### **Ação 9.6. Projetar para o gerenciamento digital da informação e fornecer informações suficientes para a ACV**

Descrição: A realização de ACV é crucial para avaliar o desempenho de carbono de um projeto e possibilitar a identificação de materiais intensivos em carbono. A disponibilização de um nível detalhado de informações garante a qualidade dos dados e cálculos.

#### Sub-ações

- Projetar em ambiente 3D;
- Garantir que o modelo 3D seja configurado de acordo com as melhores práticas de Certificação Ambiental / Avaliação do Ciclo de Vida;
- Considerar a geração de passaportes digitais de material;
- Desenvolver um projeto de gêmeo digital para acompanhar o desempenho durante a operação;
- Fazer uso de Análises de Custeio do Ciclo de Vida, contabilizando o valor recuperável futuro;

Disciplinas de Projeto: Todas

Principais Stakeholders: Arquiteto

Fase principal do projeto: Projeto arquitetônico conceitual

## **Estratégia 10. PROJETAR MATERIAIS PERIGOSOS/POLUENTES**

Descrição: Essa estratégia visa evitar o uso de materiais que tenham um impacto negativo nas outras fronteiras planetárias que não o Potencial de Aquecimento Global que é coberto pela estratégia 09. Concentra-se nas categorias de impacto ambiental cobertas pelas diretrizes internacionais de Avaliação do Ciclo de Vida. **Além disso**, essa estratégia visa evitar o uso de materiais que tenham impacto negativo na saúde e no bem-estar dos usuários do edifício. Os materiais que representam um risco potencial para a saúde humana são susceptíveis de impedir a reutilização de estruturas e componentes de edifícios no futuro, impedindo assim o potencial de retenção de valor.

**Indicador-chave de desempenho:** Custo ambiental: Custo de impacto ambiental de todo o ciclo de vida por área útil e durante todo o período de ciclo de vida, conforme definido, conforme definido pela metodologia holandesa de GPM [€/m<sup>2</sup>/ano]

#### Benefícios

- Contribui para a melhoria da saúde e bem-estar do planeta
- Contribui para a melhoria da saúde e bem-estar na indústria de produção de materiais
- Contribui para o potencial futuro de reutilização de materiais
- Contribui para a melhoria da saúde e bem-estar dos utilizadores dos edifícios

#### Desafios

- Potencial de maior custo de capital associado a materiais limpos
- Redução das opções de materiais
- Requer a consideração de metas de material limpo nos estágios iniciais de projeto
- Qualidade e disponibilidade das informações na cadeia de suprimentos



**Ação 10.1. Rastrear todos os impactos ambientais durante o projeto por meio de ACV detalhada, não apenas carbono, e definir uma meta ambiciosa para o projeto geral (todas as camadas, incluindo vida útil e funcional realista dos componentes)**

**Descrição:** As Análises de Ciclo de Vida precisam ser realizadas para definir metas ambientais individuais e acompanhar o desempenho do projeto durante todo o projeto. Uma ACV medirá além da categoria de impacto ambiental do Potencial de Aquecimento Global (GWP). Mede igualmente categorias de impacto ambiental, tais como, destruição da camada de ozônio, acidificação, eutrofização, esgotamento dos recursos abióticos e toxicidades.

#### Sub-ações

- Desenvolver *Bill of Quantity* (BoQ) (com base em tipos e quantidades reais de materiais);
- Definir uma linha de base com uma meta de redução para cada estágio, ou definir uma meta de intensidade;
- Concluir uma avaliação de ciclo de vida em conformidade com EN15978:2011;
- Procurar por Declarações Ambientais de Produto (EPD) disponíveis compatíveis com EN15804:2012 de fornecedores (para a etapa de projeto técnico, as etapas anteriores podem usar valores médios de mercado de materiais);

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto técnico

Ferramentas disponíveis: [CircularityBuilderLevel\(s\)](#); [CradletoCradleCertified](#); [One Click LCA](#)

**Ação 10.2. Garantir que os materiais e produtos de construção não estão na "Lista Vermelha do Living BuildingChallenge (LBC)"**

**Descrição:** A Lista Vermelha do *Living BuildingChallenge* (LBC) representa os materiais, produtos químicos e elementos "piores da classe" conhecidos por representarem sérios riscos para a saúde humana e o maior ecossistema que prevalecem na indústria de produtos de construção. (<https://living-future.org/declare/declare-about/red-list/>)

Sub-ações

- Rever a lista vermelha, criada pela *Living Future*;
- Criar uma lista vermelha específica do projeto que inclua todos os materiais, produtos químicos e elementos a serem evitados no projeto. Sempre que possível, identifique os requisitos específicos de materiais/componentes para evitar substâncias, em vez de usar uma lista geral de prevenção de projetos;
- Incluir a lista vermelha específica do projeto nos relatórios/especificações de aquisição para garantir que outras partes interessadas (como o contratante geral) implementem a lista em seu projeto e aquisição de produtos;

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto técnico

### **Ação 10.3. Usar equipamentos elétricos no local para reduzir o uso de máquinas movidas a combustíveis fósseis no local, para, por sua vez, reduzir o impacto das emissões de nitrogênio, poluição e material particulado na área.**

Descrição: Especialmente em áreas já sensíveis ou de alta poluição, as emissões adicionais de nitrogênio, poluição e material particulado devido à construção (e ao transporte para o local) precisam ser limitadas. Isso já é regulamentado por meio de permissões de planejamento e construção em alguns locais.

Sub-ações

- Use máquinas elétricas (por exemplo, escavadeiras elétricas, carregadeiras de rodas elétricas, compactadores elétricos e tratores elétricos)
- Almejar um canteiro de obras 100% elétrico

Disciplinas de projeto: Todas

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Fabricação e construção

### **Ação 10.4. Evitar o uso de materiais perigosos/poluentes nos serviços no interior da edificação.**

Descrição: Materiais perigosos/poluentes não devem ser usados para serviços de construção quando é possível evitá-los, pois podem ter um impacto negativo na saúde humana e no clima. As equipes de projeto, os empreiteiros e os fabricantes devem evitar as substâncias tóxicas identificadas para minimizar o impacto potencial.

Sub-ações

- Recusar o uso de PCBs (bifenilspolicloradas) em refrigeração, lubrificantes e isoladores para equipamentos elétricos de todos os tipos;
- Evite o uso de PVC em tubulações. As instalações e equipamentos contêm muitos materiais diferentes, mas como eles são frequentemente adquiridos como sistemas multicomponentes complexos, normalmente é difícil influenciar os materiais que eles contêm. No entanto, tubos, isolamento, fios, iluminação e dutos podem ser influenciados mais diretamente:
  - Os sistemas de água potável e os produtos de canalização devem ser isentos de chumbo
  - Especificar tubulação à base de poliolefina e polímeros não clorados
  - Evitar chumbo em drenos de latão, bombas, motores e válvulas
  - Evitar retardadores de chama halogenados em tubulações e cabos elétricos, eletrodutos e caixas de junção, isolamento de dutos e tubulações
  - Evitar ftalatos em tubulações hidráulicas e alarmes de incêndio, medidores, sensores, termostatos e interruptores de quebra de carga
  - Mercúrio e chumbo (em sinais de saída iluminados, termostatos, interruptores, alarmes de incêndio, medidores, sensores, relés elétricos e iluminação fluorescente/sódio) não devem estar presentes ou, quando presentes, devem atender às restrições da *Restriction of Certain Hazardous Substances* (RoHS)
  - Evitar metais pesados (chumbo, cádmio, mercúrio, cromo hexavalente) em componentes elétricos recém-instalados: alarmes de incêndio, medidores, sensores, termostatos e interruptores de quebra de carga
  - Usar fios e cabos livres de halogênios
  - Limitar chumbo em dutos e eletrodutos

- Evitar neoprene para rolamentos de isolamento, a menos que necessário para durabilidade
- Evitar espuma de spray e isolamento de espuma rígida

Disciplinas de projeto: Sistemas de Instalações - MEP

Principais partes interessadas: Engenheiros de Instalações -

MEP Fase principal de projeto: Construtor de circularidade

### Ação 10.5. Evitar o uso de materiais perigosos/poluentes no espaço

**Descrição:** Materiais perigosos/poluentes não devem ser usados nas camadas, espaço, pele e estruturas, sempre que possível, pois podem ter um impacto negativo na saúde humana e no meio ambiente em geral. A documentação e as especificações do projeto devem sinalizar às equipes de projeto, empreiteiros e fabricantes onde certos materiais e produtos químicos devem ser evitados.

#### Sub-ações

- Não devem ser utilizados tratamentos antimicrobianos (por exemplo, tintas, acabamentos, pavimentos) quando os ingredientes ativos forem classificados como Toxinas Bioacumuláveis Persistentes (PBTs);
- Recusar o uso de solventes proibidos pela Califórnia (VOCs que criam smog) em adesivos arquitetônicos, selantes, tintas e revestimentos e instalar móveis e mobiliário, pisos e isolamento térmico e acústico que tenham sido testados independentemente e atendam a baixos limites de emissão de VOC;
- Recusar o uso de PVC em cabos, perfis de janelas, pisos e coberturas - Evitar o uso de retardadores de fogo halogenados (HFRs) (a menos que exigido pelas normas de segurança contra incêndio);
- Recusar o uso de substâncias perfluoroalquil e polifluoroalquil, também comumente referidas como substâncias PFAS com muitos usos em produtos de construção e consumo. As aplicações de produtos de construção de PFAS incluem materiais de cobertura, tintas e revestimentos, selantes, calafetas, adesivos, tapetes;
- Evitar chumbo em portas e ferragens de portas, espelhos / vidro, persianas de vinil e revestimentos de parede;
- Limitar metais pesados (mercúrio, cádmio, antimônio, cromo hexavalente) em móveis e mobília recém instalada;
- Evitar isolamento térmico e produtos de cartão de madeira que contenham resinas à base de formaldeído;
- Limitar ftalatos em pisos, incluindo pisos e carpetes de superfície resistente e dura, revestimentos de parede, persianas e sombras, cortinas de chuveiro, móveis e estofados;
- Instalar revestimentos recém-aplicados dentro do edifício que foram testados independentemente e atendem a baixos limites de emissão de VOC;
- Evitar tapetes e móveis de tecido que contenham tratamentos repelentes de manchas fluoradas;
- Evitar tapetes com suporte de PVC ou cinzas volantes como enchimento;
- Evitar acabamentos flexíveis que contenham estrogênio imitando compostos ou biocidas;
- Preferir produtos com uma Declaração de Produto de Saúde (HPD) em conformidade com o *HPD Open Standard*;
- Preferir produtos com uma alta pontuação *Cradle to Cradle (C2C)*;
- Preferir produtos com Declaração Ambiental de Produto (DEP);
- Não usar produtos onde os ingredientes ativos são classificados como persistentes, toxinas bioacumuláveis (PBT), por exemplo, triclosan;
- Não utilizar adesivos à base de formaldeído (PF, PRF, MF, MUF, UF) e produtos que contenham solventes clorados ou aromáticos;

Disciplinas de projeto: Acabamento interior

Principais partes interessadas: Arquiteto

Fase principal de projeto: Projeto Técnico

Ferramentas disponíveis: Construtor de circularidade

### Ação 10.6. Gerir os riscos de materiais antigos nos edifícios existentes

**Descrição:** Existem muitos materiais perigosos em edifícios existentes e eles precisam ser tratados (contidos ou removidos e descartados) de acordo com o código local, a fim de garantir que não representem um risco para a saúde dos futuros usuários do edifício ou causem danos ao meio ambiente.

#### Sub-ações

- Os materiais em edifícios existentes que precisam ser tratados, contidos ou removidos e descartados incluem:
  - Amianto (isolamento, acabamentos, planta etc)
  - Substâncias destruidoras da camada de ozônio (fluidos de refrigeração, agentes de sopro de isolamento e sistemas supressores de incêndio 'halon')
  - Tintas à base de chumbo
  - PCBs em sistemas elétricos e materiais
  - Mercúrio em interruptores e iluminação
  - Madeira tratada CCA

## Estratégia 11. PROJETAR PARA A NATUREZA

**Descrição:** Esta estratégia visa introduzir ações regenerativas e positivas para a natureza no processo de projeto de edifícios. Ao aumentar o nosso foco e compreensão sobre o valor ecológico do local de construção, podem ser tomadas medidas para maximizar a restauração e regeneração da biodiversidade no ambiente construído. As ações desta estratégia ajudam a priorizar a documentação dos habitats existentes, enfatizam intervenções que melhoram a ecologia, promovem o uso circular dos recursos hídricos e permitem a gestão circular de resíduos municipais. Esta estratégia também se centra na utilização de princípios biomiméticos na concepção de edifícios, levando os projetistas a considerar como soluções inspiradas na natureza podem influenciar decisões tão diversas como a seleção de materiais, projeto de iluminação e estratégias de ventilação.

**Indicador-chave de desempenho:** Ganho Líquido de Biodiversidade (BNG): Aumento percentual na biodiversidade do local pós-construção em comparação com os níveis de referência pré-construção. Medido através da linha de base e monitorização do e-DNA ou, mais simplesmente, avaliando tipos de habitat, riqueza de espécies, raridade e diversidade, e conectividade ecológica (corredores verdes azuis). Este Indicador-Chave centra-se na restauração e melhoria de habitats e biodiversidade.

Porcentagem de restauração da área do local (LEED): Conservar as áreas naturais existentes e restaurar as áreas danificadas para promover os habitats naturais e a biodiversidade. Utilizando vegetação nativa ou adaptada, restaurar partes do local identificadas como previamente perturbadas.

### Benefícios

- Melhor qualidade do ecossistema para a saúde do ar, da água e do solo
- Minimização da pegada de carbono e esgotamento de recursos
- Maior resiliência e adaptabilidade às alterações climáticas e aos ciclos ecológicos
- Maior gestão e propriedade comunitária que melhora o bem-estar dos habitantes

### Desafios

- Custos iniciais e complexidade da implementação de soluções baseadas na natureza devido à necessidade de conhecimentos especializados
- Barreiras regulatórias e de mercado devido à falta de políticas de apoio e de preparação do mercado para materiais e designs inovadores
- A manutenção e o gerenciamento podem ser mais intensivos em comparação com as abordagens tradicionais
- Quantificar os benefícios pode ser um desafio e, portanto, os investimentos associados são difíceis de justificar através de uma análise convencional de custo-benefício



### Ação 11.1. Documentar o habitat local e ecossistemas

**Descrição:** Documentar as condições ecológicas do local antes do projeto e da construção. Estabelecer uma compreensão clara através da documentação das funções e dos desafios do ecossistema e planejar as intervenções no local em conformidade. Como todos os habitats estão interligados, é importante considerar todos os elementos dos serviços ecossistêmicos.

#### Sub-ações:

- Identificar um ecossistema e habitat de referência saudável para uso na documentação das condições ecológicas do local antes do desenvolvimento;
- Em colaboração com especialistas locais em ecologia, realizar uma avaliação dos serviços ecossistêmicos do local, incluindo o mapeamento das principais espécies de biodiversidade, da produção primária líquida e dos principais habitats;
- Mapear e documentar as áreas e elementos do ecossistema onde a lacuna de desempenho ecológico é maior, ou onde as intervenções positivas para a natureza são mais necessárias e terão o maior impacto. Integrar as descobertas no planejamento dos processos de projeto e construção de edifícios;
- Em colaboração com especialistas locais em ecologia, definir metas e objetivos específicos e relevantes para melhorar o valor ecológico do local. Por exemplo, a porcentagem de área de ecossistema restaurada ou regenerada, o retorno de uma espécie-chave ou o ganho líquido de biodiversidade;
- Garantir que a documentação, as metas e os objetivos estejam, no mínimo, alinhados com os requisitos de documentação nacionais e locais, por exemplo, no que diz respeito aos sítios Natura 2000;
- Envolver especialistas em ecologia local, biodiversidade, Sistema de Informação Geográfica, clima e engenharia ambiental na fase de pré-planeamento, para garantir documentação e metas adequadas e de alta qualidade;

Disciplinas de projeto: [Localização/Terreno](#)

Principais partes interessadas: [Arquitetos](#)

Fase principal de projeto: [Preparação e Briefing](#)

### Ação 11.2. Projetar para aumentar o valor ecológico do local

**Descrição:** Aplicar intervenções positivas para a natureza em todas as fases do ciclo de vida do edifício para reconstruir e aumentar o valor ecológico do local. A ação abrange uma abordagem holística para revitalizar os sistemas ecológicos locais através do desenvolvimento de planos informados de regeneração, restauração e proteção, baseados em pesquisas ecológicas anteriores e na consolidação com especialistas ecológicos.

Esta ação centra-se exclusivamente na regeneração e restauração da camada do sítio. As intervenções relacionadas com a envolvente do edifício (pele), espaço e serviços estão listadas na ação "Projeto para soluções baseadas na natureza".

As intervenções positivas para a natureza no local não se limitam à fase de planejamento e construção; pós-construção, um plano dedicado para monitorização e gestão contínua dos habitats e ecossistemas garante a sua saúde e crescimento sustentados.

Esta ação representa um compromisso não só de minimizar os danos ao ambiente natural, mas também de melhorá-lo ativamente.

#### Sub-ações:

- Em colaboração com especialistas em ecologia, utilizar o levantamento ecológico previamente concluído para cumprir as metas relevantes, desenvolvendo um plano de ação positivo para a natureza da paisagem natural relevante do local. Isto deve ter como objetivo proteger, restaurar e regenerar (melhorar os ecossistemas locais para um estado de maior valor ecológico do que o anterior), incluindo a (re)introdução de flora e fauna nativas;
- Desenvolver um plano de gestão paisagística e de habitat do local que inclua os impactos do edifício no local natural, tanto durante a construção como em operação, e implementar intervenções ativas para regeneração, restauração e proteção de áreas de terreno apropriadas. O plano de gestão deve ser partilhado com o proprietário ou ocupantes do edifício;
- Realizar a remediação de áreas abandonadas do local (limpeza do solo contaminado) antes da construção, se for considerado necessário, e priorizar soluções baseadas na natureza, por exemplo, biorremediação onde plantas e microrganismos nativos são introduzidos para degradar os poluentes alvo e garantir um solo saudável do microbioma que permite que as plantas e o solo sequestram e

armazenem mais carbono no solo e na vegetação para melhorar a capacidade de armazenamento de água;

- Implementar corredores naturais no projeto para apoiar e conectar espécies com áreas e habitats naturais;
- Envolver especialistas em ecologia local, biodiversidade, Sistema de Informação Geográfica, clima e engenharia ambiental na fase de pré-planejamento, para garantir intervenções apropriadas positivas para a natureza;

Disciplinas de projeto: Localização/Terreno

Principais partes interessadas: Arquitetos / Projetista de Envelope

Fase principal de projeto: Preparação e Briefing / Projeto de Concepção Técnica

### **Ação 11.3. Promover um uso eficiente e circular da água**

**Descrição:** Adotar e visar uma abordagem de consumo líquido zero de água e priorizar soluções eficientes em termos de consumo de água em todas as fases do ciclo de vida do edifício. Apoiar esta abordagem integrando soluções de projeto para coleta e reciclagem de águas residuais.

Sub-ações:

- Realizar uma avaliação de toda a vida do abastecimento de água;
- Projetar para captação e utilização de águas pluviais, águas cinzas e infiltração no local, por exemplo, recuperação e reciclagem de águas residuais de pias domésticas, chuveiros e máquinas de lavar;
- Projetar tratamento de resíduos baseado na natureza, por exemplo, através da integração de biorremediação, plantas nativas, oxigenação e digestão microbiana;
- Usar instalações e acessórios de água inteligentes e eficientes, por exemplo, vasos sanitários com descarga baixa e torneiras inteligentes;

Disciplinas de projeto: Acabamento Interior / Sistemas de Instalações - MEP

Principais partes interessadas: Arquitetos / Engenheiros de Sistemas de Instalações -

MEP Fase principal de projeto: Projeto Técnico

### **Ação 11.4. Projetar para gestão circular de resíduos municipais**

**Descrição:** A promoção da reciclagem, circulação e compostagem na concepção de edifícios envolve a implementação de intervenções que facilitem a separação e recolha de resíduos de forma eficiente e acessível. A concepção do edifício deve apoiar a utilização circular e permitir a reutilização e reciclagem, promover práticas sustentáveis de gestão de resíduos e encorajar os ocupantes a participar ativamente em iniciativas de reciclagem e compostagem.

Sub-ações:

- Integrar o projeto de infraestrutura eficiente para a coleta e transporte de materiais recicláveis e restos de alimentos compostáveis, por exemplo, áreas de coleta acima do solo acessíveis para caminhões de lixo ou sistemas de coleta automatizados subterrâneos;
- Garantir fácil acessibilidade para os ocupantes do edifício às estações de compostagem e triagem de resíduos, para permitir a reciclagem de resíduos e o desvio dos aterros, por exemplo, integrando sistemas de lixeiras acessíveis que separam os compartimentos para recicláveis, compostáveis e não recicláveis;
- Explorar métodos e projetos que permitam a integração de resíduos operacionais em novos ciclos, por exemplo, em ciclos de nutrientes industriais ou naturais (uso de composto no local em áreas de terra dedicadas);
- Consolidar com os serviços locais de gestão de resíduos para alinhar os procedimentos de recolha de resíduos e garantir que o plano de resíduos de edifícios complemente o sistema mais amplo de gestão de resíduos municipais;

Disciplinas de projeto: Acabamento Interior / Sistemas de Instalações - MEP

Principais partes interessadas: Arquitetos / Engenheiros de Sistemas de Instalações -

MEP Fase principal de projeto: Projeto Técnico

### **Ação 11.5. Projetar com soluções inspiradas na natureza**

**Descrição:** Esta ação visa utilizar princípios de design biomimético para criar edifícios e espaços urbanos que não sejam apenas ambientalmente sustentáveis, mas também integrados com a natureza. Esta abordagem abrangente produz múltiplos benefícios: enriquecimento ecológico, maior apelo estético e melhoria da saúde

física e mental dos ocupantes.

De acordo com a definição da Taxonomia da UE, as soluções baseadas na natureza são definidas como “soluções inspiradas e apoiadas pela natureza, que são rentáveis, proporcionam simultaneamente benefícios ambientais, sociais e econômicos e ajudam a construir resiliência”. Tais soluções trazem uma natureza mais diversificada e características e processos naturais para as cidades, paisagens e paisagens marinhas, através de intervenções sistêmicas, adaptadas localmente e eficientes em termos de recursos.

Sub-ações:

- Projetar para edifícios ecológicos, implementando soluções inspiradas e baseadas na natureza, como telhados vivos e paredes verdes que imitam processos naturais e apoiam a biodiversidade;
- Permitir a conectividade com a natureza, integrando princípios e elementos de design biofílico que emulam processos naturais e criam uma conexão direta entre a natureza e os ocupantes do edifício, como iluminação natural, ventilação e uso de formas e materiais orgânicos. Tais intervenções de projeto podem melhorar o bemestar dos ocupantes do edifício e contribuir para iniciativas de ecologização urbana;
- Implementar corredores naturais no projeto para apoiar e conectar espécies com áreas e habitats naturais. Na construção de novas estruturas, o foco está na criação e preservação de redes ecológicas, garantindo que o desenvolvimento melhore, em vez de perturbar, os corredores de biodiversidade locais;

Disciplinas de projeto: [Acabamento Interior / Sistemas de Instalações - MEP](#)

Principais partes interessadas: [Projetista de Envelope / Projetista Estrutura / Engenheiro Sistemas de Instalações - MEP](#) Fase principal de projeto: [Projeto Técnico](#)

OBS: Registre-se que a *Circular Buildings Toolkit* está em constante atualização e este texto foi finalizado em junho de 2024, trazendo o conteúdo até esta data.